

**Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia Fluminense**

**Programa de Pós-graduação em Sistemas Aplicados à  
Engenharia e Gestão**

**DISSERTAÇÃO**

**INTEGRAÇÃO DE DADOS DE SISTEMAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA  
RENOVÁVEIS: IMPLEMENTAÇÃO NO POLO DE INOVAÇÃO CAMPOS  
DOS GOYTACAZES**

**LEONARDO DE SOUSA CAVADAS**

**2018**

**Instituto Federação de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense  
Programa de Pós-graduação em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão**

**INTEGRAÇÃO DE DADOS DE SISTEMAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA  
RENOVÁVEIS: IMPLEMENTAÇÃO NO POLO DE INOVAÇÃO CAMPOS  
DOS GOYTACAZES**

**LEONARDO DE SOUSA CAVADAS**

**Dr. Rogerio Atem de Carvalho**  
(Orientador)

Dissertação para obtenção do grau de **Mestre**  
no Programa de Pós-graduação em Sistemas  
Aplicados à Engenharia e Gestão, Área de  
Concentração em Sistemas Computacionais.

Campos dos Goytacazes, RJ  
Abril de 2018

Biblioteca Anton Dakitsch  
CIP - Catalogação na Publicação

C376i

Cavadas, Leonardo de Sousa

INTEGRAÇÃO DE DADOS DE SISTEMAS DE GERAÇÃO DE  
ENERGIA RENOVÁVEIS: IMPLEMENTAÇÃO NO POLO DE INOVAÇÃO  
CAMPOS DOS GOYTACAZES / Leonardo de Sousa Cavadas - 2018.  
55 f.: il. color.

Orientador: Rogerio Atem de Carvalho

Dissertação (mestrado) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia Fluminense, Campus Campos Centro, Curso de Mestrado  
Profissional em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão, Campos dos  
Goytacazes, RJ, 2018.

Referências: f. 34 a 37.

1. Energia Eólica. 2. Energia Solar Fotovoltaica. 3. Net Zero. 4. Sistema  
Híbrido. 5. Integração. I. Carvalho, Rogerio Atem de, orient. II. Título.

**Instituto Federação de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense**  
**Programa de Pós-graduação em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão**

**LEONARDO DE SOUSA CAVADAS**

Dissertação para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-graduação em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão, Área de Concentração em Sistemas Computacionais.

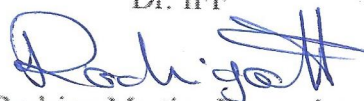
DISSERTAÇÃO APRESENTADA EM 30/04/2018.

  
Rogério Atem de Carvalho

Dr. IFF  
(orientador)

  
Luiz Gustavo Lourenço Moura

Dr. IFF

  
Rodrigo Martins Fernandes

Dr. IFF

## RESUMO

Dentro da perspectiva de que a próxima geração de tecnologias para energia solar e eólica possa transformar os sistemas de geração de energia elétrica ao redor do mundo, quando combinados, em uma avançada estratégia de planejamento e implantação amigável ao sistema existente, necessita-se gerenciar o tráfego de dados relacionados à geração a fim de alcançar a meta baseada na estratégia de geração igual a demanda, chamada *net zero*, para consumo/geração de energia elétrica. Este trabalho tem como objetivo propor uma solução para gerenciamento destes dados, obtendo e disponibilizando-os a fim de transforma-los em informação útil. As bases de conhecimento sobre as energias eólica e solar fotovoltaica permitem juntamente com o conceito de *net zero*, quando aplicado à geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis, entender a necessidade do balanço entre consumo e geração. Após embasamento teórico por meio de revisão bibliográfica para compreender a estratégia *net zero*, otimizou-se servidor já existente alocando espaço para criação de uma máquina virtual capaz de manter rodando scripts em linguagem python que coletam e disponibilizam os dados de geração de energia elétrica dos sistemas aerogeradores e solar fotovoltaicos. Como resultados foram disponibilizados os dados utilizando o protocolo MQTT e apresentados de forma simples e aberta através de um app para celular, provando que é possível executar a proposta mesmo que os equipamentos adquiridos possuam somente formas proprietárias de apresentação dos dados. Além disso foi analisada o quão distante o Polo de Inovação encontra-se próximo à atingir a meta de *net zero* para consumo/geração de energia elétrica. Cumpre-se o objetivo do trabalho obtendo-se com sucesso os dados e disponibilizando-os a fim de subsidiar o Projeto I2S.

**Palavras-chave:** Energia Eólica; Energia Solar Fotovoltaica; Net Zero; Sistema Híbrido; Integração.

## ABSTRACT

Within the perspective that the next generation of solar and wind energy technologies can transform energy generation systems around the world, when combined, into an advanced system planning and deployment strategy to existent systems, an generation data managing needs to achieve a goal based on generation equal consume strategy, called net zero, to consumption/generation eletricity power. This work aims to propose a solution for the management of this data, obtaining and making available the electric energy generation data in order to transform them into useful information. The knowledge bases on wind and solar photovoltaic energy together with the net zero concept, when applied to the electric energy generation from renewable sources, understand the need of the balance between consumption and generation. After theoretical foundation through a bibliographic review to understand the net zero strategy, an existent server was optimized by allocating processing space for the creation of a virtual machine able to keep running scripts in Python language that collect and make available the electricity power generation data from wind turbine and solar photovoltaic systems. As results the data was made available using MQTT protocol and presented in a simple and open way through a mobile app, proving that is possible to execute the proposal even if the equipment purchased has only proprietary forms of data presentation. In addition, it was analyzed how far the Polo de Inovação is close to reaching the net zero goal for consume/generation of electricity power The objective of the work is achieved by successfully obtaining the data and making them available to support the I2S Project.

**Keywords:** Wind Power, Solar Photovoltaic Power, Net Zero, Hybrid system, Integration.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Diferenças entre energia eólica e solar fotovoltaica	2
Tabela 2	Eficiência de painéis fotovoltaicos	10
Tabela 3	Opções hierárquicas para as fontes de energia renovável	13
Tabela 4	Características dos aerogeradores Razec 266	21
Tabela 5	Características do painel fotovoltaico CS6P-255P	22
Tabela 6	Variáveis dos inversores que foram utilizadas	26
Tabela 7	Tópicos MQTT para geração a partir de energia solar	26

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Sistema aerogerador horizontal	5
Figura 2	Top 10 novas capacidades instaladas (jan–dez 2016)	7
Figura 3	Top 10 capacidades acumuladas (dez 2016)	7
Figura 4	Melhores eficiências de células fotovoltaicas em laboratório	9
Figura 5	Polo de Inovação	15
Figura 6	Projeto I2S - Polo de Inovação	18
Figura 7	Aerogerador - Polo de Inovação	20
Figura 8	Painéis fotovoltaicos - Polo de Inovação	21
Figura 9	Inversores - Polo de Inovação	23
Figura 10	Tela MQTT Dash - Polo de Inovação	27

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Potência gerada sobre tensão em corrente contínua	28
Gráfico 2	Geração acumulada – Aerogerador 2	28
Gráfico 3	Geração acumulada – Aerogerador 1	29
Gráfico 4	Tensão em corrente contínua – Aerogerador 1	29
Gráfico 5	Ocorrência de ventos em Campos dos Goytacazes	30
Gráfico 6	Curva de potência instantânea gerada no dia 26/03/2018	31
Gráfico 7	Variação de potência gerada ao longo do tempo	31

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	
1.1 Contextualização	1
1.2 Objetivo Geral e Específicos	3
1.3 Justificativa	3
1.4 Metodologia	4
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	4
2.1 Energia Eólica	4
2.2 Energia Solar	8
2.3 Net Zero	12
<b>3 O POLO DE INOVAÇÃO</b>	14
<b>4 PROJETO I2S</b>	16
<b>5 MATERIAL E MÉTODOS</b>	20
5.1 Geradores Eólicos ou Aerogeradores	20
5.2 Geradores Fotovoltaicos	21
5.3 Recursos Computacionais	22
<b>6 LEITURA DOS DADOS</b>	23
6.1 Leitura dos Dados Eólicos	23
6.2 Leitura dos Dados Fotovoltaicos	24
<b>7 PUBLICAÇÃO E USO DOS DADOS</b>	25
<b>8 CONCLUSÕES E ESTUDOS FUTUROS</b>	32
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	34
<b>APÊNDICE A - Bibliometria</b>	38
<b>APÊNDICE B - Scripts</b>	41



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 - Contextualização

Em seu relatório, a *International Energy Agency* - IEA (Mueller, 2016) foca na contribuição de que a próxima geração de tecnologias para energia solar e eólica possa transformar os sistemas de energia ao redor do mundo, quando combinados, em uma avançada estratégia de implantação amigável ao sistema, que significa maximizar o valor total da variável geração de energia renovável dentro de um programa de energia mais amplo.

Dada a natureza física da eletricidade é necessário que ocorra um equilíbrio constante entre o que é gerado e o que é consumido, um sistema energético deve ser capaz de assegurar no seu planejamento e durante sua operação mesmo com os eventos inesperados, de qualquer sistema sob condições de operação, como falha de equipamentos e a normal flutuação entre a demanda e o fornecimento, mas este objetivo é demasiadamente complicado pelo fato da eletricidade não ser, atualmente, armazenada em larga escala economicamente.

No intuito de representar esta necessidade de equilíbrio em um fácil entendimento, façamos uso do conceito de *Net Zero*, de uma forma mais ampla pode-se considerar que obtém-se essa condição quando a quantidade que produzimos é igual a que consumimos, porém este conceito pode ser especificado, por exemplo, para energia elétrica e esta será a forma na qual este conceito se apresentará daqui em diante.

Seguindo este raciocínio, para implantação e integração de tecnologias de geração a partir de energia renovável deve-se considerar cinco aspectos técnicos que os diferem de outras formas de geração de energia, o primeiro a ser considerado é que a energia máxima gerada flutua conforme a disponibilidade de vento e luz solar, segundo é que estas flutuações nas disponibilidades podem ser acuradamente previstas em intervalos de horas até poucos dias, terceiro que eles são conectados à rede através de tecnologia de conversão de energia, o quarto aspecto é que essas podem ser implementadas modularmente e em arranjos diferentes e por último, mas não menos importante, diferentemente do combustível fóssil, o vento e a luz solar não podem ser transportados e os locais onde estes recursos são mais abundantes podem estar localizados em áreas longes dos grandes centros consumidores.

Um sistema híbrido destas duas fontes de geração pode se tornar atraente quando uma sazonalidade não é facilmente perceptível e mais que isso, quando o pico de geração eólica ocorre durante o entardecer e a noite complementando a geração solar. Excetuando-se as

similaridades anteriormente citadas, algumas diferenças entre as energias solar fotovoltaica e eólica são apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Diferenças entre energia eólica e solar fotovoltaica. Adaptado de IEA(2016)

	<b>Energia Eólica</b>	<b>Solar Fotovoltaica</b>
Variabilidade a nível de instalação	Frequentemente randômico em escalas de tempo subsazonal.	Movimento planetário (dias, estações) com encobrimento estatístico (nuvens, névoa, etc.).
Variabilidade quando agregada	Geralmente com um forte benefício de suavidade geográfica.	Benefício limitado ao alcance da “forma de sino”.
Rampas	Depende na fonte, tipicamente poucos eventos extremos.	Frequente, largamente determinístico e repetitivo.
Modularidade	Comunidade e acima	Casa e acima
Tecnologia	Conexão não síncrona à rede e geração de energia mecânica.	Conexão não síncrona à rede e geração de energia eletrônica.
Fator de Capacidade	Aproximadamente 20% a 50%.	Aproximadamente 10% a 20%.

Em instalações de sistemas híbridos de geração de energia elétrica, a partir de fontes renováveis como eólica e solar fotovoltaica, muitas vezes a integração dos dados sobre a geração acabam não constituindo uma informação útil ao seu usuário devido a cada sistema separadamente ter uma forma própria de disponibilização destes dados, este acaba sendo um dos fatores que contribuem para a não implementação de um supervisor.

Um livro relaciona o problema causado por esta indisponibilidade de informação ao fato de muitas vezes a verificação da operacionalidade do sistema ser executada localmente através da verificação visual dos visores disponíveis nos inversores ou da movimentação do relógio de medição e que esta checagem, por ser local pode falhar e está sujeita ao esquecimento (Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie, 2008).

Mesmo em inversores que possuem uma solução computadorizada para informar os dados de geração, como páginas web que podem ser acessadas pelo computador do usuário, a frequência desta verificação pode ser muito longa visto que são soluções diferentes para

inversores diferentes de diferentes sistemas de geração e que precisam ser acessados mediante um planejamento tornando-o sujeito à postergação ou ao esquecimento.

A importância desta checagem está no fato de que a indisponibilidade operacional de um sistema ou parte dele, quando conectado à um grid, pode não ser percebido imediatamente e se considerarmos um sistema de crédito por geração excedente junto a concessionária local, a inoperabilidade só será percebida no recebimento da fatura ao fim do mês.

## **1.2 – Objetivo Geral e Específico**

O objetivo geral do presente trabalho é desenvolver uma solução tecnológica capaz de obter dados a partir dos inversores instalados para condicionamento da geração de energia elétrica das fontes renováveis solar fotovoltaica e eólica e disponibilizar os dados levantados de forma amigável à implementação de um supervisor que possa explorar a integração dos dados de forma a construir informação útil à inovação na gestão de geração e consumo de energia elétrica, embasamento de expansões ou novos projetos e consolidação da estratégia *Net Zero*.

O objetivo geral pode ser dividido nos seguintes objetivos específicos:

- Obter, independente de solicitação, dados de geração de energia elétrica dos inversores instalados dos conjuntos aerogerador e fotovoltaico;
- Disponibilizar os dados relacionados de forma aberta.

## **1.3 - Justificativa**

Conforme ressaltado anteriormente a objetividade da implantação de um sistema híbrido de geração de energia elétrica, a partir de fontes renováveis, para se alcançar um equilíbrio entre o que é consumido o que é gerado pode ser prejudicada pela falta de informação acerca da efetiva geração desta energia.

Sobre o tema sistema híbrido no Brasil, foi realizada uma busca no banco de teses da Capes em maio de 2017 sob os dois filtros existentes para área de avaliação engenharias III e sem filtro de corte temporal que resultou em 66 dissertações e dentre os resultados nenhum deles tem o mesmo objeto de estudo deste trabalho baseando-se na investigação do resumo de cada título similar ou relacionado a este objeto.

O desenvolvimento desta solução possibilitará a coleta e disponibilização dos dados de geração de energia elétrica, que constituem a premissa para qualquer implementação de supervisor com o objetivo de acompanhamento, na mensuração do quão distante encontra-

se da meta *net zero* e no planejamento para atingi-la, considerando o consumo de energia elétrica e a geração da mesma a partir de fontes renováveis em uma instalação.

#### **1.4 - Metodologia**

A metodologia proposta no presente trabalho visa atender a necessidade de tornar disponíveis e aplicáveis os dados gerados por equipamentos de um sistema híbrido de geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis e seguindo esta abordagem são enumerados os seguintes passos:

- Execução de bibliometria para identificação da origem e desenvolvimento dos assuntos abordados mediante a quantificação da importância das fontes encontradas;
- Revisão bibliográfica utilizando os seguintes temas: Energia eólica, energia solar e *net zero*, sendo os dois primeiros de forma básica como um introdutório e o terceiro como embasamento para o interesse dos objetivos geral e específicos;
- Busca de ferramentas existentes para a coleta de dados de geração dada as peculiaridades dos equipamentos envolvidos;
- Adaptação e/ou desenvolvimento da solução.

O estudo presente como método de pesquisa possui algumas classificações conforme descrito a seguir. Quanto a sua natureza, a pesquisa é classificada como aplicada pois busca gerar um produto de aplicação imediata, quanto aos objetivos listados é considerada exploratória devido a necessidade em buscar informações, pelos poucos dados disponíveis, de uma interface até então de pouco interesse no meio acadêmico.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 - Energia Eólica**

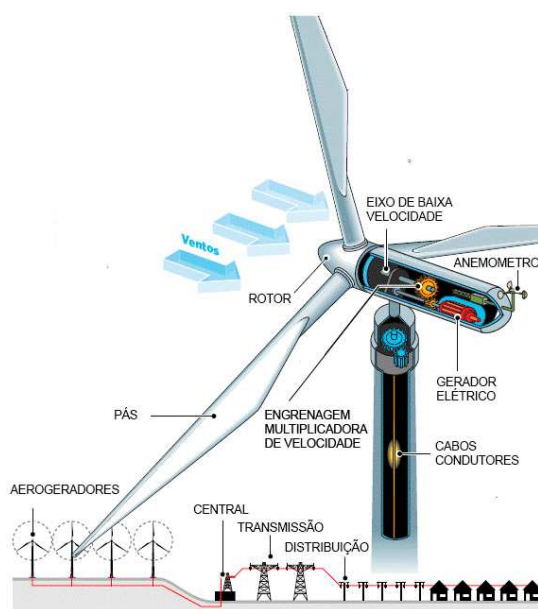
De modo geral a eletricidade pode ser gerada utilizando-se de um combustível para mover uma turbina a qual movimenta um gerador que alimentará uma rede. As turbinas são projetadas para trabalhar de acordo com a especificidade de seu combustível podendo ser de origem fóssil, água, vapor e com o vento não é diferente: O vento é o combustível que move a turbina e gera eletricidade.

A energia eólica pode ser aproveitada através da conversão da energia cinética do vento em energia mecânica de rotação, que serve para moagem de cereais ou elevação de água na área agrícola como nos casos de moinhos e cataventos ou geração de energia elétrica

como é o caso dos aerogeradores que são os equipamentos principais nos parques geradores de energia elétrica a partir do vento.

Em seu livro, (Gasch & Twele, 2012) fornecem um histórico da utilização da energia eólica datando de mais de 3000 anos atrás quando da utilização de moinhos de vento em eixo vertical, documentos de 700 anos depois de cristo fazem referência à profissão de construtor de moinhos, passando pela primeira representação de um moinho de eixo horizontal como desenho em um livro de orações de 1270 e pela investigação sistemática da utilização da energia eólica para geração de energia elétrica a partir de 1891 pelo professor Paul LaCour da escola de engenharia Askov na Holanda, além da evolução dos aerogeradores até o fim da década de 60 no século XX.

O princípio de funcionamento de um aerogerador é a utilização da força do vento incidindo sobre as pás que estão conectadas ao cubo ou rotor, esta força é parcialmente transmitida para um eixo de baixa rotação que associado a uma caixa de engrenagem multiplicadora de velocidade pode aumentar a rotação na proporção de 1:88 (Burton, 2001) no eixo conectado à saída da caixa multiplicadora, este movimentará elementos geradores de campo magnético no gerador, que por indução produzirá energia elétrica, uma ilustração do sistema pode ser vista na figura 1.



**Figura 1.** Sistema aerogerador horizontal.

Um aerogerador horizontal, como pode ser visto na figura acima pode possuir dentro da nacelle, local onde são acomodados os mecanismos de transformação da energia eólica em energia elétrica, engrenagens que objetivam aproveitar ao máximo a direção do vento

incidente seja por meio de rotação da nacela em torno da torre de sustentação, seja pela rotação das pás para ajuste do ângulo de incidência do vento nas mesmas, os controles do aerogerador são baseados em sensores de direção e velocidade de vento (anemômetros) e podem acionar freios instalados nos eixos para diminuir a velocidade de rotação ou para-los devido a condições do clima ou necessidades de manutenção.

Para que esta energia gerada seja aproveitada ela deve ser conduzida por meio de cabos para uma central onde será condicionada, através de inversores e transformadores, aos parâmetros de rede necessários à disponibilização para as vias de transmissão e posterior rede de distribuição nos centros urbanos, apesar desta configuração descrever o funcionamento de um parque eólico onde a geração de diversos aerogeradores fornecem energia comercialmente, a utilização de aerogeradores menores também é possível, inclusive verticais que podem servir para geração em domicílios próximos a centros urbanos.

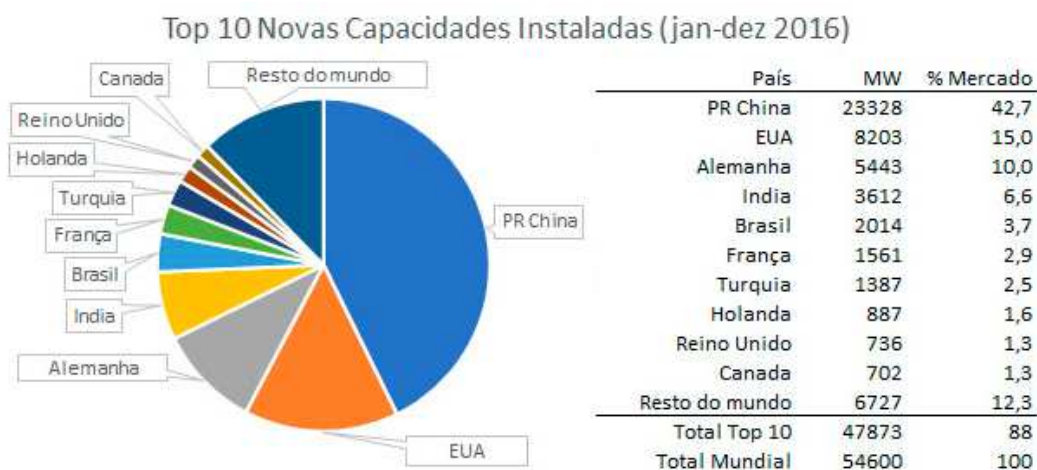
A instalação de um parque eólico ou de apenas um aerogerador para utilização residencial depende de uma série de fatores, porém os mais básicos são apresentados por (Geetha & Selvi, 2013) como velocidade do vento, área transversal na qual o vento atinge as pás e a eficiência de conversão da energia cinética do vento em energia elétrica que após as perdas pode chegar a 35% (trinta e cinco).

No Brasil, a primeira turbina eólica foi instalada em 1992 no arquipélago de Fernando de Noronha gerando, naquela época, cerca de dez por cento da energia gerada na ilha constituindo um sistema gerador híbrido eólico-diesel. Dez anos depois, a criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia - PROINFA por meio de Lei (Lei 10.438/002, 2002) objetivou aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos de produtores independentes autônomos, concebidos com base em fontes eólica, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa, no Sistema Elétrico Interligado Nacional.

Este programa, dividido em duas etapas estipulava em sua primeira etapa que empreendimentos produtores que entrassem em operação até 30 de dezembro de 2008 teriam assegurada a compra para a energia elétrica produzida nos 20 anos seguintes a data de início de operação e em sua segunda etapa, após atingida a meta de 3.3GW de capacidade implantada o programa se desenvolveria até atender 10% (dez por cento) do consumo anual de energia elétrica no País, sendo este um grande passo para o aumento da participação da energia eólica na composição da matriz de geração de energia elétrica brasileira.

Segundo o relatório da *Global Wind Energy Council* (Fried, Shukla, Sawyer, & Teske, 2016), uma organização que representa seus membros no setor de energia eólica em mais de 80 países, ao final de 2015 a geração por energia eólica cresceu 17%, um crescimento maior do que qualquer outra tecnologia quando relacionada a novas gerações de energia, totalizando cerca de 433 GW mundialmente.

Esta mesma publicação ressalta que o Brasil entrou em 2016 no seleto grupo de 11 países que possuem mais de 10GW de geração instalados e em 2015 figurou entre os 4 países, juntamente com China, E.U.A e Alemanha como grandes mercados que atingiram um novo recorde. O Brasil lidera na América Latina e continua sendo o mais promissor mercado *onshore* para energia eólica nesta região até 2020 além de figurar em outro relatório da *Global Wind Energy Council* (GWEC, 2017) como o 9º país com maior capacidade instalada mundialmente conforme figura 2 e figura 3.



**Figura 2.** Top 10 novas capacidades instaladas (jan–dez 2016). Adaptado de (GWEC, 2017).



**Figura 3.** Top 10 capacidades acumuladas (dez 2016). Adaptado de (GWEC, 2017).

Em matéria de pesquisa sobre o tema energia eólica no Brasil, foi realizada uma busca no banco de teses da Capes em maio de 2017 sob os dois filtros existentes para área de avaliação engenharias III e o filtro de corte temporal de 2012 a 2016 que resultou em 93 dissertações e dentre os resultados nenhum deles tem o mesmo objeto de estudo deste trabalho baseando-se na investigação do resumo de cada título similar ou relacionado a este objeto.

## 2.2 - Energia Solar

A energia solar pode ser intuitivamente compreendida quando utilizada para iluminação e aquecimento, desde a antiguidade casas foram construídas de forma a aproveitar a luminosidade e o calor proporcionado pela incidência dos raios solares, superfícies reflexivas foram utilizadas para direcionamento e/ou concentração destes raios seja para utilização em fornos e fogões, em desidratadores de alimentos ou aquecedores de água.

O aproveitamento da energia solar para conversão em energia elétrica pode ser executada de diversas formas, a energia solar pode ser convertida em energia térmica pelo uso de sistemas onde um fluido é aquecido a altas temperaturas, gerando vapor que transformam energia térmica em trabalho nos motores que por conseguinte transmitirão movimento à geradores de energia elétrica, de uma forma mais ou menos complexa, Goetzberger (Goetzberger & Hoffmann, 2005) explica 3 conceitos para esta conversão inicial de energia solar em térmica e que são conhecidos como sistemas concentradores de energia e apresentados a seguir.

Sistemas solares diretos são aqueles nos quais espelhos parabólicos ou em tiras são dispostos linearmente, acompanham o movimento do sol e em seu ponto focal situa-se um tubo absorvedor preenchido com um fluido de trabalho que será aquecido. O sistema de torre solar utiliza o mesmo princípio de concentração dos raios solares através de espelhos, porém todos os espelhos contêm um único ponto focal que é a torre onde se situa o fluido de trabalho. O sistema de pratos parabólicos espelhados aquece o fluido de trabalho que aciona um motor *Stirling* e seu movimento mecânico é utilizado em um gerador de energia elétrica.

Distante da facilidade de compreensão abordada no início desta seção está uma forma de conversão direta da energia solar em energia elétrica que fascina pela facilidade com a que ocorre, através do painel fotovoltaico compostos de várias células fotovoltaicas criadas pela utilização de materiais semicondutores, sendo o silício o mais abundante conhecido, os fótons incidentes são transformados eletronicamente em eletricidade de corrente contínua.



Uma explicação física básica para este fenômeno é que os semicondutores utilizados possuem elétrons fracamente ligados em sua banda de valência e com a incidência dos fótons presentes na luz solar estes elétrons são excitados e obtêm a energia necessária para romper estas ligações e migrar para uma nova banda de energia chamada banda de condução do material onde eles podem se movimentar por um circuito externo, a este movimento damos o nome de corrente elétrica, após percorrer este circuito eles retornam a ocupar os espaços deixados na banda de valência e podem novamente ser excitados pelos fótons incidentes.

Um resumo dos acontecimentos envolvendo o uso da energia solar para geração de energia elétrica pelo efeito fotovoltaico é apresentado em (Goetzberger & Hoffmann, 2005; Luque & Hegedus, 2003) desde a primeira descoberta do efeito fotoelétrico na primeira metade do século 19, passando pela primeira fabricação de células fotovoltaicas a base de silício mais de 100 anos depois até o fim do século 20 quando os filmes finos apresentavam uma eficiência de 19% e o estado da arte em células de energia fotovoltaica eram utilizadas na missão *deep space one* para fornecer energia com uma eficiência média de 22,5%.

O desenvolvimento a nível de pesquisa em células fotovoltaicas apresenta-se como altamente diversificado quando percebemos a variedade de materiais, formas de confecção, tecnologias empregadas entre outras variações, uma visão ampla do desenvolvimento da pesquisa em relação a eficiência das células fotovoltaicas é apresentada pelo *National Renewable Energy Laboratory* (NREL) na figura 4.

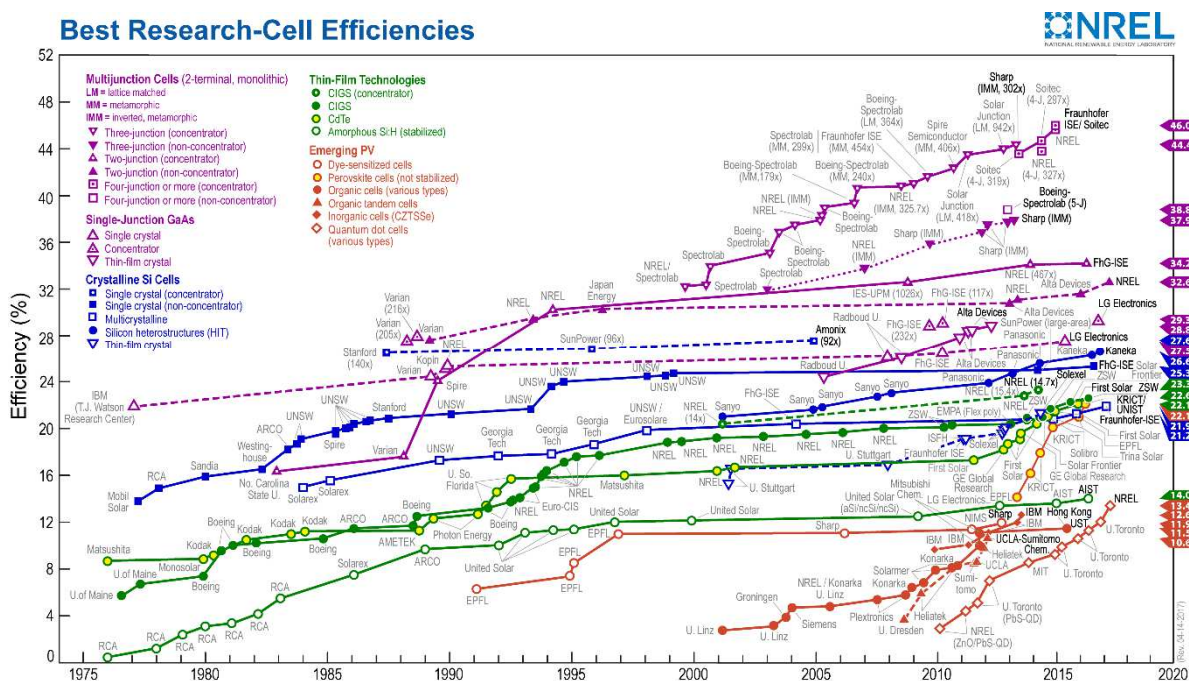


Figura 4. Melhores eficiências de células fotovoltaicas em laboratório. NREL 2016.

O desempenho de uma célula solar testada em ambiente controlado de laboratório é utilizado como parâmetro de comparação entre desenvolvimento de tecnologias e materiais e, portanto, representa um valor que pode não ser alcançado na utilização final em painéis solares, por isso um valor de eficiência de 21,9% para a célula de silício policristalino.

Segundo (Green et al., 2017) uma eficiência de 19,9% pode ser alcançada com a utilização de painéis fotovoltaicos de silício policristalino que são os mais produzidos no mercado e que confirma a evolução no desenvolvimento de tecnologia que busca um menor custo por Watt para utilização desta fonte de energia renovável. A eficiência apresentada em testes de laboratório difere da eficiência alcançada nas células comerciais por estarem sob influência do meio produtivo e se apresentam ainda maiores que a eficiência alcançada nos painéis fotovoltaicos dada a perda pelo encapsulamento das células.

A nível de mercado brasileiro foi realizada uma busca pelos fabricantes de painéis fotovoltaicos que atuam no Brasil em busca da confirmação de que os painéis produzidos atualmente possuem a eficiência referenciada anteriormente, a tabela 2 informa os fabricantes que retornaram as consultas assim como os produtos e suas eficiências, foram considerados apenas painéis que possuem potência nominal máxima (Pmax) de 255W ou o mais próximo sob condições de teste padrão (STC) de irradiação de 1000W/m<sup>2</sup>, espectro AM 1,5 e temperatura de célula de 25°C.

**Tabela 2.** Eficiência de painéis fotovoltaicos. O Autor(2017)

<b>Fabricante</b>	<b>Produto</b>	<b>Pmáx (W)</b>	<b>Eficiência (%)</b>
Canadian Solar	CS6K-255P	255	15,88
Globo Brasil	GBR255p	255	15,7
Yingli	YL255P-29b	255	15,7
BYD	255P6C-30	255	15,6

A busca realizada foi referente somente a um escopo específico de produto, durante esta busca percebeu-se que em uma mesma série de produto do mesmo fabricante, conforme aumenta a potência nominal máxima do painel na mesma série, aumenta também sua eficiência. A fabricante Kyocera não detalha nas especificações técnicas do seu produto a informação buscada limitando-se a informar a eficiência máxima para uma série de produto, mesmo quando contatada via seu site local e internacional não retornou os questionamentos.

É importante ressaltar que para o desenvolvimento de um projeto de geração de energia elétrica a partir de geração fotovoltaica deve-se utilizar o padrão de avaliação da potência máxima informada pelo fabricante mais adequado ao local onde será instalado o projeto, na busca acima considerou-se as condições STC, geralmente os fabricantes informam também nas condições *Nominal Operating Cell Temperature* (NOCT) que é mais próximo as condições reais de utilização para países europeus visto que considera a irradiância de  $800\text{W/m}^2$ , temperatura de  $20^\circ\text{C}$  e velocidade de vento de  $1\text{m/s}$ .

No BIG (“Banco de Informações de Geração,” 2017) da Agência nacional de energia elétrica é possível consultar a atual situação dos empreendimentos no Brasil e atualmente encontra-se em operação cerca de 23,7 MW e em construção cerca de 1GW, sendo somente um dos empreendimentos é responsável por 254MW o que ressalta a importância dos leilões de energia solar fotovoltaicas que ocorreram em 2014 e 2015 objetivando impulsionar os grandes investimentos deste tipo de geração no país.

Um sistema de geração de energia elétrica a partir de células fotovoltaicas apesar de utilizar uma conversão direta da energia solar para elétrica é composto por vários componentes que se interligam até que esta energia esteja disponível para utilização, de forma didática podemos dizer que as células fotovoltaicas são ligadas entre si por condutores e um arranjo destas células compõem um painel de geração de energia que tem a principal função de funcionar como recipiente que confere proteção mecânica.

O escoamento da corrente elétrica gerada neste painel ocorre através da caixa de junção que faz a função de interligar os condutores das células contidas no painel para um conector externo e estes conectores serão interligados por meio de fios condutores até o equipamento chamado inversor de frequência, este equipamento tem como uma de suas funções a de transformar a corrente contínua gerada pelos painéis em corrente alternada para ser consumida. Caso o projeto de geração não tenha necessidade de armazenamento, a energia que foi transformada pelo inversor está pronta para ser inserida na rede.

Um sistema de geração de energia solar pode se apresentar de diversas formas, *on grid* ou *off grid*, nos casos de estar ou não conectado à rede externa de uma concessionária de energia, *off grid* com ou sem backup, quando existe ou não um sistema de armazenamento de energia elétrica, comumente um banco de baterias para consumo posterior. Cada uma destas formas é uma melhor opção de acordo com a localização e necessidades de utilização que a energia gerada atenderá.

Sobre o tema energia solar no Brasil, foi realizada uma busca no banco de teses da Capes em maio de 2017 sob os dois filtros existentes para área de avaliação engenharias III e o filtro de corte temporal de 2012 a 2016 que resultou em 171 dissertações e dentre os resultados nenhum deles tem o mesmo objeto de estudo deste trabalho baseando-se na investigação do resumo de cada título similar ou relacionado a este objeto.

### 2.3 - *Net Zero*

Em uma primeira busca em bases de dados de artigos pelo termo *Net Zero* e com o retorno de milhares de publicações foi percebido que o termo não era incomum e apareceu, quando consideradas as bases de dados Scopus e Science Direct, pela primeira vez em 1957 nas duas bases, sendo na primeira em artigo relacionado a variação de mobilidade com campo magnético em semicondutores não degradados na revista *Physical Review* e na segunda no artigo relacionado a difusão de íons sódio e iodeto e de ureia em pastas de argila na revista *Journal of Colloid Science*, áreas de física e química respectivamente, desta forma foi decidido pela execução de uma bibliometria (apêndice A).

Dentro do universo levantado pela bibliometria executada constatou-se que as primeiras aparições do termo net zero, no sentido de balanço energético com explícita ligação à produção de energia elétrica, ocorreu em artigo onde Jones (Jones & Watts, 2000) discutia sobre a utilização de painéis fotovoltaicos híbridos que seriam utilizados tanto para gerar energia elétrica quanto para aproveitar a energia térmica gerada na parte de trás para aquecer um fluido e que haveria necessidade de quantificar a geração e consumo de energia elétrica na instalação a qual atenderiam.

Em 2005 Charron (Charron, 2005) introduz em seu trabalho que casas solares *net zero energy* são aquelas que utilizam das tecnologias energias solar e térmica para gerar mais energia em um ano do que consomem, neste mesmo ano Deru (Deru, Torcellini, Barley, & Pless, 2005) ressalta que construções que empregam eficiência energética e sistemas fotovoltaicos para alcançar *net zero energy* podem exportar eletricidade para o grid enquanto o sistema produzir mais do que consome.

Seguindo a evolução do conceito, um ano mais tarde Torcellini (Torcellini, Pless, Deru, & Crawley, 2006) sente necessidade de explicitar que “a conexão com um grid é permitida e necessária para o balanço energético” e que uma construção *zero energy* pode conseguir toda sua necessidade energética de fontes de baixo custo, disponíveis localmente, não poluente e renováveis e em um sentido mais restrito que gera localmente energia

renovável suficiente à igualar ou exceder seu uso anual de energia e sugere uma hierarquia para classificação do fornecimento de energia renováveis conforme tabela 3. Ainda dentro de um conceito de balanço energético Pless (Pless & Torcellini, 2010) divide as construções *net zero energy* em 4 categorias dependendo da eficiência energética, utilização de energia renovável própria ou não, interna ou externa.

**Tabela 3.** Opções hierárquicas para as fontes de energia renovável: Fonte: Adaptado de (Torcellini et al., 2006)

Opção	Opção fornecimento	Exemplo
0	Reduz o uso de energia através de tecnologia de construção de baixo consumo	Luz e ventilação natural, equipamentos de condicionamento térmico de alta eficiência
Local		
1	Usa fonte de energia renovável disponível com o projeto de construção	Painéis fotovoltaicos, aquecimento solar da água na construção
2	Usa fonte de energia renovável disponível no local	Painéis fotovoltaicos, aquecimento solar da água no local mas não na construção
Externa		
3	Usa fonte de energia renovável disponível externa para geração no local	Biomassa, biodiesel
4	Compra de fontes de energia renovável externa	Energia eólica, fotovoltaica, créditos "verdes"

Finalmente Hammon (Hammon & Neugebauer, 2009) explicita o termo *zero net electricity* (ZNEI) o qual define como uma estratégia de produzir pelo menos a mesma quantidade de eletricidade consumida dentro de um período, geralmente anual, e que o excesso de eletricidade produzida volta para o grid gerando um crédito para consumo ou faz o contador de consumo decrescer durante o horário de pico de geração.

É sugerido também que a implantação desta estratégia de utilização de energia renovável, sobretudo com uso de painéis fotovoltaicos, para geração de energia elétrica em comunidades é de 15 a 30% mais barato do que quando instalados individualmente e isto pode ser explicado pela menor quantidade de serviço de mão de obra utilizada, aproveitamento de áreas sem sombra em contrapartida aquelas que individualmente são sombreadas, menor quantidade de insumo de instalação e maior aproveitamento de áreas com orientação apropriada.

Em termo de geração em sistema híbrido, o relatório sobre tendência global de investimentos em energias renováveis (Frankfurt School – UNEP Collaborating Centre for Climate & Sustainable Energy Finance, 2017) salienta um exemplo brasileiro de geração híbrida solar fotovoltaica – eólica, o projeto Fonte dos Ventos da Enel Green Power que associa a geração eólica de 80MW a solar fotovoltaica de 11MW em Tacaratu-Bahia que colabora para uma maior estabilidade de geração e diminui o investimento quando comparada a duas unidades independentes de geração.

Pesquisas atuais em torno do termo *Net Zero* tendem a tratar de otimização considerando as incertezas (Lu, Wang, Yan, & Huang, 2017; Zhang, Huang, & Sun, 2016), eficiência, performance e conservação (AlAjmi, Abou-Ziyan, & Ghoneim, 2016; Bhati, Hansen, & Chan, 2017; Koo, Hong, Jeong, Ban, & Oh, 2017; H. X. Li, Gül, Yu, Awad, & Al-Hussein, 2016), simulação (X. Li & Wen, 2017), entre outras aplicações.

### **3 O POLO DE INOVAÇÃO**

O Polo de Inovação, que está instalado no IFFluminense – campus Rio Paraíba do Sul e situado à BR 356, km 158 em Campos dos Goytacazes/RJ, teve seu funcionamento autorizado através da portaria nº 819 de 13 de agosto de 2015 publicada em 17 de agosto do mesmo ano no diário oficial da união e tem sua unidade composta por laboratórios onde são desenvolvidas ações de pesquisas, desenvolvimento e inovação na área de monitoramento e instrumentação para o meio ambiente com foco em recursos hídricos, energia e resíduos, sua localização privilegiada as margens do Rio Paraíba do Sul evidencia sua vocação para a pesquisa relacionada ao meio ambiente e sustentabilidade.

O Polo de Inovação é considerado pela Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial- EMBRAPPII como uma de suas unidades parceiras e uma de suas linhas de atuação é de tecnologias para gestão energética e fontes renováveis de energia, dispondo de uma área de aproximadamente 6400m<sup>2</sup> e dois prédios já instalados está continuamente evoluindo na implementação de recursos que possibilitem desenvolver pesquisas.



**Figura 5.** Polo de Inovação - Fotomontagem. O Autor (2017).

São destacados na figura 5 as localizações dos painéis solares, dos aerogeradores e do motogerador biodiesel, estes sistemas compõem o sistema de geração de energia elétrica baseado em energias renováveis e estão conectados de forma a funcionar *on grid*, ou seja, interligados com a rede de energia elétrica da concessionária local, fornecendo-lhe o excesso da geração.

A aquisição do sistema de geração de fotovoltaica teve seu início em novembro de 2016 com a tomada de preço para fornecimento de 5 módulos de 5kWp cada, após esta fase inicial necessária a toda aquisição na esfera federal, foram desenvolvidos o projeto do sistema assim como providenciada a documentação técnica exigida em edital culminando com a efetiva instalação em junho de 2017.

O sistema fornecido é composto de painéis de silício policristalino da marca Canadian Solar modelo CS6P-255P com potência nominal de 255Wp e eficiência de 15,85% segundo suas especificações técnicas, foram montados sobre as coberturas das edificações e interligados em série, a corrente contínua gerada por cada módulo foi direcionada e concentrada em quadros eletromecânicos e aos inversores de frequência Fronius 5.0-1 com potência nominal de saída de 5kW.

Considerando a tabela 2 apresentada anteriormente pode-se atestar que no momento da aquisição dos painéis fotovoltaicos, o Polo de Inovação cumpre a premissa de buscar sempre acompanhar as tendências de desenvolvimento e inovar ao aceitar painéis solares do fabricante Canadian Solar pois possuem uma das melhores eficiências para aquela faixa específica de potência nominal.

No sentido de ampliar a geração de energia elétrica a partir de energias renováveis foram adquiridos 3 aerogeradores verticais Razec 266 que podem ser utilizados em sistemas isolados ou on-grid, como é o caso do Polo de Inovação, que apesar de conhecido desempenho menor que os aerogeradores horizontais, dada a característica de serem bem aplicados em áreas semi-urbanas ou urbanas constituiu-se em decisão acertada dada a característica de localização da unidade de pesquisa.

#### **4 O PROJETO I2S**

O projeto Integração e Inteligência para a Sustentabilidade – I2S baseia-se no uso da tecnologia e inteligência para transformar a infraestrutura física existente do Polo de Inovação em um ambiente com utilização consciente, objetivando a otimização, dos recursos ambientais e energéticos colaborando assim para uma atuação sustentável e proporcionando aos seus utilizadores bem-estar físico e mental como parte de seu papel na sociedade.

Este projeto está sendo implementado no Polo de Inovação no intuito de utilizar a inteligência a partir do conceito da integração dos dados de diferentes subsistemas, sendo estes: o de geração de energia elétrica através de energia renovável, consumo de energia, planta de tratamento de água, planta de tratamento de esgoto, entre outros que poderão futuramente ser interligados.

Em um primeiro momento estes dados serão apresentados em um painel de visualização instalado no Polo, a partir do tratamento e acúmulo destes poderão ser feitas análises de gerenciamento de recursos ambientais e desenvolvidas pesquisas em áreas como



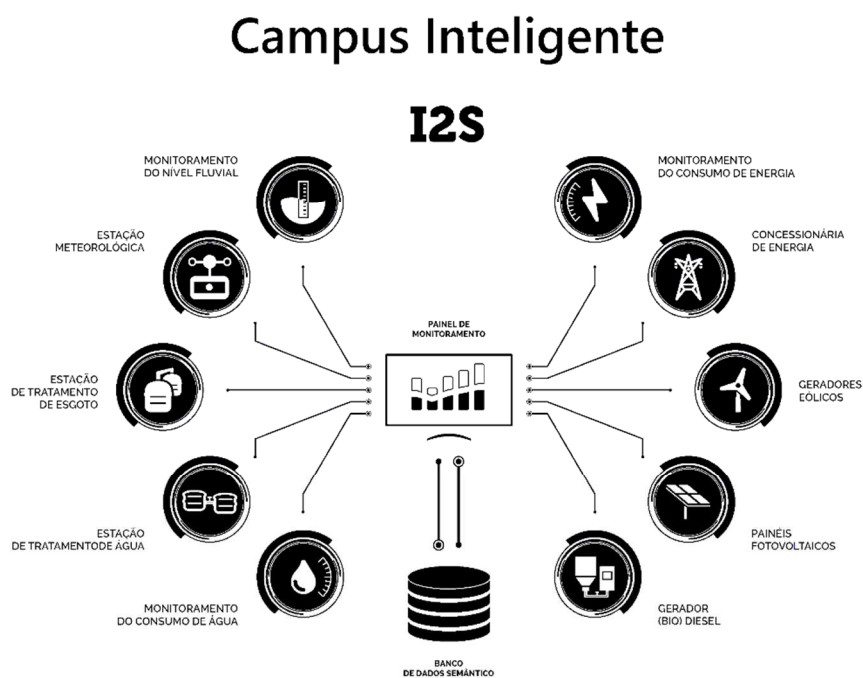
inovação e tecnologia, automação de atuadores e inteligência artificial com foco na autossuficiência.

Como parte deste projeto e fortalecendo a ideia de autossuficiência optou-se por desenvolver medidores inteligentes nos próprios laboratórios do Polo de Inovação e produzi-los com sua própria equipe. Atualmente são produzidos dois tipos de medidores inteligentes, o medidor inteligente de vazão e o medidor inteligente de energia.

O medidor inteligente de vazão é uma ferramenta de gerenciamento inteligente do consumo de água que fornece informações como vazão instantânea, volume consumido por tempo e gráficos de consumo, bem como está habilitado a gerar relatórios automatizados de consumo, fazendo projeções e sendo uma importante ferramenta na detecção de vazamentos. Seu sensor opera na faixa de vazão de 1 a 30 litros por minuto, com uma pressão máxima de 2 Mpa e temperatura de trabalho que pode variar entre -25 a 80 °C.

O medidor inteligente de energia pode gerar relatórios automatizados de consumo elétrico, fazendo projeções de consumo e analisando a rede elétrica. O medidor está habilitado a fornecer informações como voltagem e corrente RMS, média e potência aparente, e também o fator de potência dos locais onde estão instalados. O medidor inteligente de energia envia seus dados com uma conexão TCP/IP através de uma rede Ethernet cabeada podendo ser configurada via navegador web e seus sensores operam na faixa de voltagem de 127 a 220 Volts e corrente de 0,5 a 80 Amperes.

A separação em subsistemas apresentada anteriormente tem importância vital no sistema I2S, no qual cada subsistema é um projeto independente e será instrumentado e automatizado conforme os pesquisadores trabalham neles, e esta é a razão pela qual o sistema está sendo projetado para aceitar diferentes tipos de comunicação, entradas de sensores, entre outros fatores.



**Figura 6.** Projeto I2S - Polo de Inovação. O Autor (2017).

O subsistema de monitoramento ambiental supervisionará as condições climáticas a fim de manter todos os usuários do Polo de Inovação ciente das condições daquele momento. Este subsistema irá monitorar as condições do Rio Paraíba do Sul que é importante principalmente nos meses onde a ocorrência de chuvas em torno da sua extensão faz com que, localmente, sua vazão aumente abruptamente.

Os dados obtidos neste subsistema poderão ser utilizados pelas autoridades locais e dos municípios limítrofes tornando possível tomar decisões que antecipem a ocorrência de desastres. Para este fim será utilizada a estação meteorológica WS-1090 da Ambient Weather sendo capaz de monitorar parâmetros indoor e outdoor, como temperatura, variação de umidade, velocidade do vento e pressão atmosférica.

Estes dados são importantes pois além de manter os interessados informados sobre as condições naquele momento, poderá servir para pesquisas futuras como o estudo da eficiência dos aerogeradores a partir dos dados de velocidade do vento capturados e armazenados ao longo do tempo.

O subsistema de tratamento de água irá monitorar a quantidade de água coletada e tratada do Rio Paraíba do Sul e a quantidade de água disponível para consumo após o

tratamento convencional que consiste em coagulação, flotação, decantação, filtração e desinfecção com capacidade para produzir 2500 litros de água potável por dia.

O subsistema de monitoramento de consumo dos recursos irá monitorar o consumo de energia elétrica e consumo de água, em dois eixos de implementação onde serão aplicados os medidores inteligentes anteriormente explicados. Estes medidores inteligentes foram instalados em vários pontos de consumo de água e energia para mensurar e enviar os dados para armazenamento, incrementando uma série histórica segmentada por ponto de consumo.

O subsistema de fornecimento de energia elétrica é composto por fontes renováveis e não-renováveis, uma das fontes é a energia solar que é convertida em energia elétrica pela utilização de painéis solares em um arranjo de 25,5kWp de potencial fotovoltaico, além deste foi instalado para gerar em paralelo e independente, um conjunto de 3 aerogeradores com potencial de geração de 4,5kW para converter a energia eólica em energia elétrica.

Com estes dois sistemas funcionando em sua capacidade máxima é esperada a autossuficiência em energia elétrica para o Polo de Inovação. Em momentos nos quais estes sistemas não estiverem funcionando em capacidade máxima, ou seja, em condições climáticas onde não estejam disponíveis uma ou as duas fontes de energia renováveis, a distribuidora local de energia elétrica continuará fornecendo a energia, porém agora com a função de backup.

Funcionando como geração de backup, o Polo de Inovação possui também um motor gerador de energia elétrica a base de biodiesel, combustível menos poluente que o combustível fóssil e sendo produzido por fontes renováveis como óleo vegetal, gordura animal, matéria prima que pode ser provida pelo próprio Polo evitando o descarte e colaborando para a sustentabilidade.

Este trabalho é parte integrante do Projeto I2S e busca contribuir junto ao subsistema de fornecimento de energia elétrica de forma a proporcionar o domínio próprio sobre os dados de geração de energia elétrica a partir do funcionamento dos aerogeradores e painéis fotovoltaicos sem a necessidade de fazer uso de soluções proprietárias dos fornecedores dos equipamentos.

A mensuração destes dados proporcionará não só a disponibilidade dos mesmos para acompanhamento da geração como será possível antever necessidades de manutenção e o acúmulo dos mesmos possibilitará gerenciar o Polo de Inovação de forma alcançar o

equilíbrio entre consumo e geração de energia elétrica, de forma a implementar o conceito de NetZero anteriormente explicado.

Na busca pelo equilíbrio da relação entre consumo e produção faz-se necessário a coleta, envio e armazenamento dos dados referentes aos subsistemas de geração de energia elétrica a partir de energias renováveis e é neste nicho que esta dissertação concentra seus esforços.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Geradores Eólicos ou Aeroeradores

O sistema aeroerador de energia elétrica é constituído de 3 aeroeradores do tipo vertical modelo Razec 266 potência de 1,5kW com ventos de  $12\text{m/s}^2$  e 3 inversores monofásicos da Ginlong Technologies modelo GCI-2.5K-2G-W com potência nominal de saída de 2,5kW cada e interface *wifi* para disponibilização dos dados de geração via site do fabricante ou app proprietário acessível pelo computador do cliente.



**Figura 7.** Aeroerador - Polo de Inovação. O Autor (2017).

Algumas características destes aeroeradores são baixa velocidade de rotação, baixo nível de ruído e ser adequado para ambientes com ventos turbulentos, outras características são apresentadas na tabela 4.

**Tabela 4.** Características do aerogerador Razec 266. Fonte: Autor (2017)

Características	
Tipo	Vertical
Diâmetro do rotor	2m
Altura das pás	2,66m
Potência a 12m/s	1500W
Rotação a 12m/s	60 a 180rpm
Número de pás	3
Peso Total	100kg
Sistema magnético	Neodímio
Altura da Base	10m

## 5.2 Geradores Fotovoltaicos

O sistema de painéis fotovoltaicos para geração de energia elétrica é constituído de 100 módulos fotovoltaicos da Canadian Solar em silício policristalino modelo CS6P-255P de 255Wp cada e 5 inversores Fronius 5.0-1 com potência nominal de saída de 5kW cada, dispostos em cinco agrupamentos de módulos instalados em áreas de interesse e com as características necessárias disponíveis.

**Figura 8.** Painéis fotovoltaicos - Polo de Inovação. O Autor (2017).

Algumas características destes painéis fotovoltaicos são apresentadas na tabela 5.

**Tabela 5.** Características do painel fotovoltaico CS6P-255P. Fonte: Autor (2017)

Características	
Material	Silício policristalino, 6"
Arranjo	60 células (10 x 6)
Potência Nominal	255 Wp
Eficiência	15,85 % (STC)
Voltagem operacional ótima	30,2 V (STC)
Corrente operacional ótima	8,43 A (STC)
Dimensões	1638 x 982 x 40 mm
Peso	18 kg

### 5.3 Recursos Computacionais

Como recurso computacional principal, foram desenvolvidos scripts na linguagem de programação python para coleta dos dados e disponibilização destes através do protocolo MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*), um protocolo de mensagens assíncrono entre as partes muito utilizado em aplicações de Internet das Coisas (IoT) onde tem-se a necessidade de conexão à internet, porém sem necessidade de resposta pelo receptor da mensagem.

Com a aplicação destes recursos buscou-se a coleta dos dados junto aos inversores utilizados em cada um dos sistemas e a disponibilização destes tornando possível qualquer outra aplicação obter os dados de geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis eólica e solar sem a necessidade de conexão por meio de aplicações específicas ou proprietárias com acesso restrito.



**Figura 9.** Inversores - Polo de Inovação. O Autor (2017).

## 6 LEITURA DOS DADOS

### 6.1 Dados dos geradores eólicos ou aerogeradores

Para coleta de dados dos inversores dos aerogeradores foi utilizada uma funcionalidade própria do inversor que possibilita o envio dos dados de geração para um endereço ip e porta de um servidor a ser escolhido pelo cliente. Inicialmente um hardware Raspberry Pi foi utilizado como servidor e nele foi inserido um script em bash para coletar a *string* enviada pelo inversor e trata-la de forma a manipular os dados para inserção em um banco de dados mysql localmente.

Posteriormente, com a possibilidade de utilização de um servidor já existente e em funcionamento, foi utilizada uma máquina virtual para manter o script rodando, porém agora traduzido para a linguagem de programação Python, efetuando a coleta dos dados e enviando/publicando via MQTT para disponibilização e integração, esta solução foi escolhida pelo fato de evitar a utilização de mais um recurso de hardware, diminuir um ponto de possível falha e fazer a disponibilização imediata dos dados de forma aberta, além de colaborar para a sustentabilidade do projeto.

## 6.2 Dados dos geradores fotovoltaicos

Para a coleta de dados dos inversores dos painéis fotovoltaicos foram extensamente estudadas as informações técnicas disponibilizadas no site da fabricante dos inversores Fronius através dos quais decidiu-se optar pela utilização de sua Fronius Solar API, uma interface de programação de aplicativos que se utiliza de requisições via HTTP para execuções de scripts CGI disponíveis no webserver do inversor.

Um exemplo de utilização desta API onde faz-se uma requisição http com formato `http://IPdoInversor/solar_api/v1/GetInverterRealtimeData.cgi?Scope=Device&DeviceId=01&DataCollection=CommonInverterData`, podendo-se obter o seguinte resultado.

```
{
  "Head" : {
    "RequestArguments" : {
      "DataCollection" : "CommonInverterData",
      "DeviceClass" : "Inverter",
      "DeviceId" : "01",
      "Scope" : "Device"
    },
    "Status" : {
      "Code" : 0,
      "Reason" : "",
      "UserMessage" : ""
    },
    "Timestamp" : "2018-01-24T14:31:50-02:00"
  },
  "Body" : {
    "Data" : {
      "DAY_ENERGY" : {
        "Value" : 24602,
        "Unit" : "Wh"
      },
      "FAC" : {
        "Value" : 60.04,
        "Unit" : "Hz"
      },
      "IAC" : {
        "Value" : 18.43,
        "Unit" : "A"
      },
      "IDC" : {
        "Value" : 7.84,
        "Unit" : "A"
      },
      "PAC" : {
        "Value" : 4380,
        "Unit" : "W"
      },
      "TOTAL_ENERGY" : {
        "Value" : 2448100,
        "Unit" : "Wh"
      },
      "UAC" : {
        "Value" : 238,
```



```

        "Unit" : "V"
    },
    "UDC" : {
        "Value" : 558.4,
        "Unit" : "V"
    },
    "YEAR_ENERGY" : {
        "Value" : 745300.31,
        "Unit" : "Wh"
    },
    "DeviceStatus" : {
        "StatusCode" : 7,
        "MgmtTimerRemainingTime" : -1,
        "ErrorCode" : 0,
        "LEDColor" : 2,
        "LEDState" : 0,
        "StateToReset" : false
    }
}
}
}
}

```

A partir das informações obtidas nesta etapa foi possível escrever um script em linguagem de programação Python para que se obtivesse os dados dos inversores em intervalos de cinco minutos e envia-los à um servidor MQTT utilizando o protocolo de mesmo nome que se caracteriza por ser leve o suficiente para ser utilizado em pequenos sensores e dispositivos móveis atingindo assim o objetivo principal da dissertação que é a coleta dos dados, transmissão e disponibilização para armazenamento.

Nesta etapa, um dos desafios enfrentados e que merece atenção, foi de que a API do fabricante não retorna dados mantendo o padrão de resposta gerada pela API ao não haver incidência de sol e geração de energia, com isto foi necessário reescrever o script para detectar esta situação a fim de não comprometer os dados obtidos.

## **7 PUBLICAÇÃO E USO DOS DADOS**

No período inicial de testes de execução do script foram coletados com sucesso dados referentes à geração de energia elétrica do conjunto aerogerador 2 e disponibilizados via banco de dados mysql confirmando a exequibilidade e atingindo um objetivo específico.

Na segunda etapa de desenvolvimento quando os scripts (apêndice B) foram traduzidos para a linguagem de programação Python e inseridos em uma máquina virtual situada em um servidor já em funcionamento, os dados coletados passaram a ser publicados via MQTT, porém houve, dada a busca de integração entre subsistemas, a necessidade de redefinição da arquitetura dos tópicos MQTT para publicação.

Uma versão inicial do padrão de publicação dos dados via MQTT foi definida e os tópicos para os scripts desenvolvidos são listados na tabela 7. Para uma melhor compreensão dos dados retornados pelos inversores e dos tópicos publicados é apresentada a tabela 6 com o significado de cada variável dos inversores utilizada.

**Tabela 6.** Variáveis dos inversores que foram utilizadas. Fonte: Autor (2017).

Inversor	Variável	Descrição
Eólico	timestamp	Data/Hora
	watt_now	Potência instantânea em Watts
	kwh_today	Energia gerada no dia em kWh
	kwh_total	Energia gerada desde implantação/reset em kWh
	dc_volts1	Diferença de potencial na geração em Volts
	dc_amps1	Corrente na geração em Amperes
	ac_volts	Diferença de potencial na rede em Volts
	ac_amps	Corrente na rede em Amperes
	ac_freq	Frequência da rede em Hertz
	temp	Temperatura em graus Celsius
Solar	pac	Potência gerada em Watts
	iac	Corrente na rede em Amperes
	idc	Corrente na geração em Amperes
	uac	Diferença de potencial na rede em Volts
	udc	Diferença de potencial na geração em Volts
	fac	Frequência da rede em Hertz
	day_energy	Energia gerada no dia em Wh

**Tabela 7.** Tópicos MQTT para geração a partir de energia solar. Fonte: Autor (2017)

Tópicos	Faixa
/POLO/I2S/GERACAOSOLAR/NA/JIT-101/YEARENERGY	0 a 12500000 Wh
/POLO/I2S/GERACAOSOLAR/NA/JIT-101/IAC	0 a 20 A
/POLO/I2S/GERACAOSOLAR/NA/JIT-101/UDC	0 a 1000 V
/POLO/I2S/GERACAOSOLAR/NA/JIT-101/PAC	0 a 5000 W
/POLO/I2S/GERACAOSOLAR/NA/JIT-101/DAYENERGY	0 a 35000 Wh
/POLO/I2S/GERACAOSOLAR/NA/JIT-101/FAC	0 a 120 Hz
/POLO/I2S/GERACAOSOLAR/NA/JIT-101/UAC	0 a 250 V
/POLO/I2S/GERACAOSOLAR/NA/JIT-101/IDC	0 a 20 A
/POLO/I2S/GERACAOSOLAR/NA/JIT-101/TIMESTAMP	DATA/HORA

Com a implementação dos scripts enviando/publicando via MQTT utilizando os tópicos anteriormente mencionados foi possível atestar a funcionalidade e exequibilidade da solução desenvolvida utilizando um app gratuito disponível na Playstore, ambiente Google de disponibilização de aplicativos para plataformas Android em tablets ou smartphones, chamado MQTT Dash.

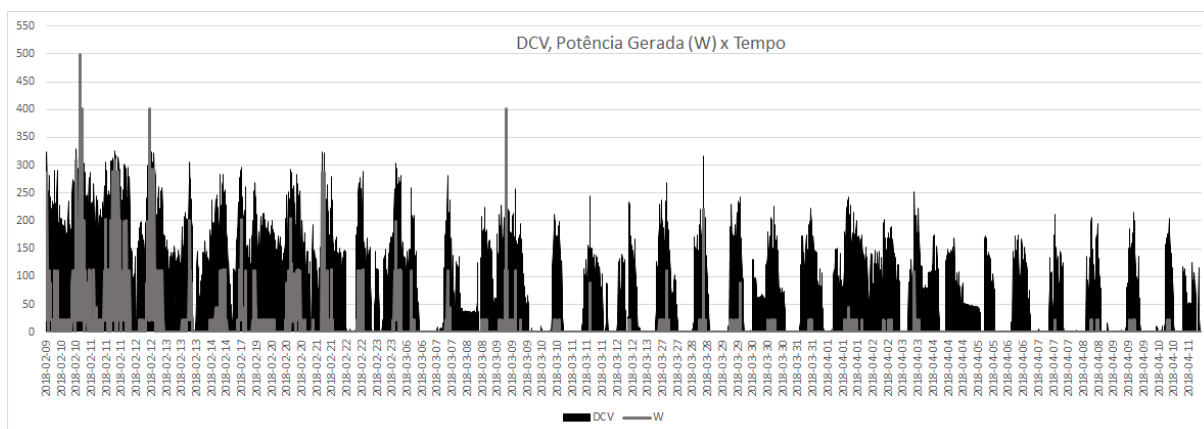
O app MQTT Dash é gratuito e de interface altamente amigável onde é possível se conectar a um broker, servidor MQTT, cadastrando/subscrevendo os tópicos aos quais deseje-se acompanhar as atualizações, esse simples app torna os dados de geração eólica e solar disponíveis para qualquer pessoa que esteja interessada. Uma tela de demonstração dos dados atualizados é mostrada na figura 10.



**Figura 10.** Tela MQTT Dash - Polo de Inovação. O Autor (2018).

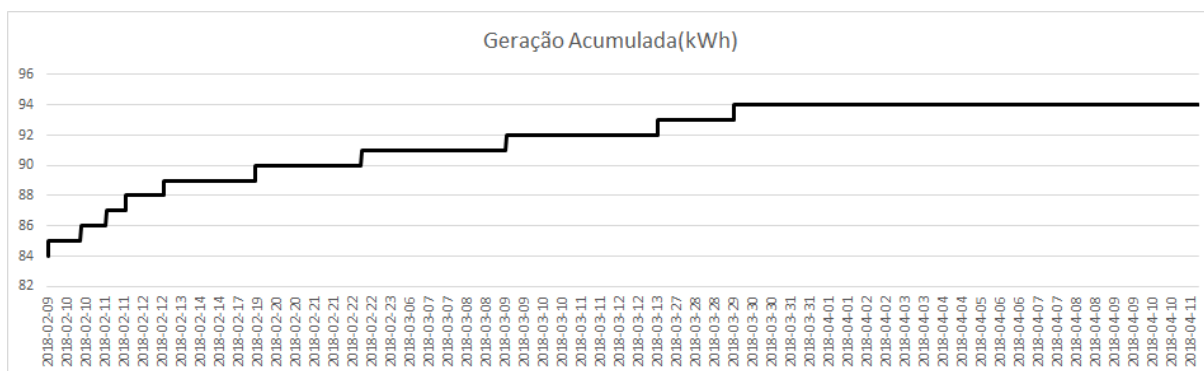
A partir da tela do MQTT Dash foi possível perceber, conforme atualizações dos tópicos no broker na etapa de testes, o status de funcionamento dos aerogeradores em outro município e confirmados por colaboradores que se encontravam no PICG. Um comportamento do sistema no qual somente havia corrente injetada na rede quando a tensão em corrente contínua ultrapassava a casa dos 175 Volts também foi evidenciado.

Esta percepção foi crucial para instigar a análise dos dados capturados a partir dos scripts desenvolvidos, que foram devidamente tratados e analisados, a fim de confirmar aquele comportamento. Este pode ser averiguado no aerogerador 2 ao analisar a curva cinza de potência gerada sobre o fundo preto do nível de tensão em corrente contínua apresentado no gráfico 1.



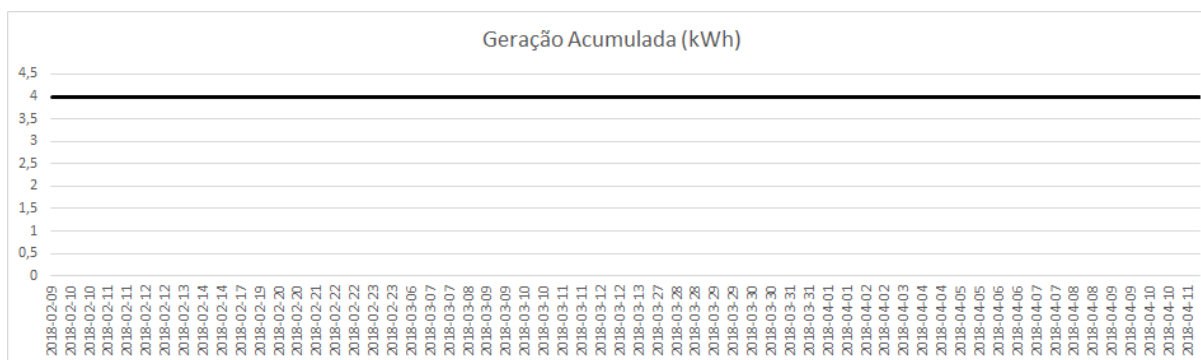
**Gráfico 1.** Potência gerada sobre tensão em corrente contínua. O Autor (2018).

Durante o período de 9/2/18 a 11/4/18 é possível destacar nos dias 8/3/18 e 4/4/18, por exemplo, a inexistência de potência gerada quando a tensão não ultrapassa a região dos 175 Volts em corrente contínua, o que significa que não houve corrente inserida na rede. Com a análise de outra variável, a potência gerada total em kWh, confirmou-se a diferença de desempenho entre os aerogeradores 1 e 2 conforme gráfico 2 e gráfico 3.



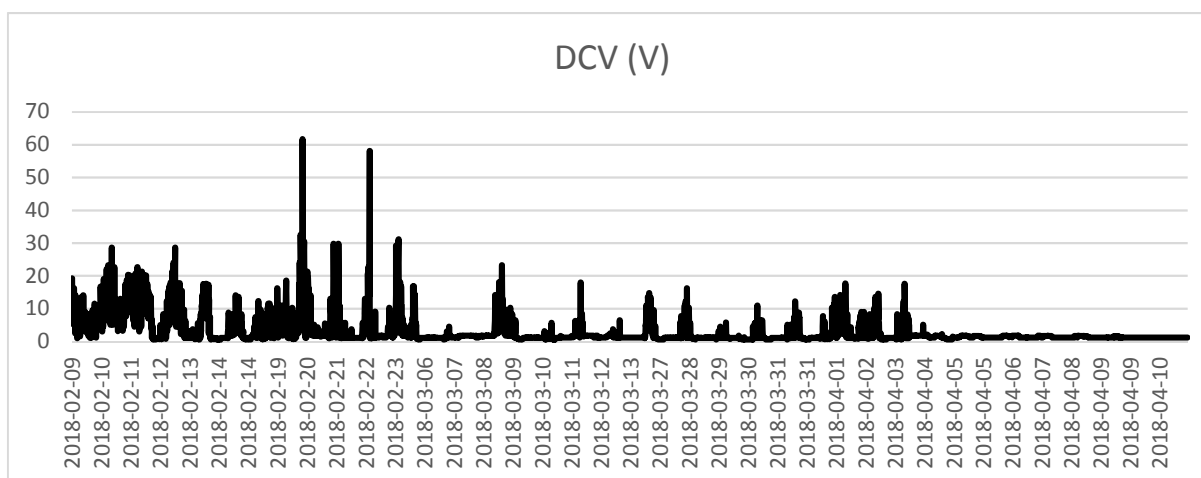
**Gráfico 2.** Geração acumulada – Aerogerador 2. O Autor (2018).

Ao perceber, com a utilização do app MQTT Dash, a disparidade de desempenho dos aerogeradores foram solicitadas avaliações de colaboradores que se encontravam no PICG de que o aerogerador 1 estava girando em velocidade inferior ao aerogerador 2, o que foi prontamente confirmado de forma visual e facilmente. Este comportamento se traduz na imutabilidade da quantidade de energia gerada ao longo de todo o período no gráfico 3.



**Gráfico 3.** Geração acumulada – Aeroerador 1. O Autor (2018).

A forma como o gráfico 3 se apresenta tende a levantar dúvidas quanto ao funcionamento da captura dos dados para o aeroerador 1, mesmo sabendo-se que as configurações são idênticas tanto dos aeroeradores quanto dos inversores, porém a variável tensão em corrente contínua para este aeroerador pode explicar a não geração de energia elétrica a partir do mesmo preceito anteriormente explicado da quantidade mínima de DCV para inserir corrente na rede, visivelmente explicitado no gráfico 4.

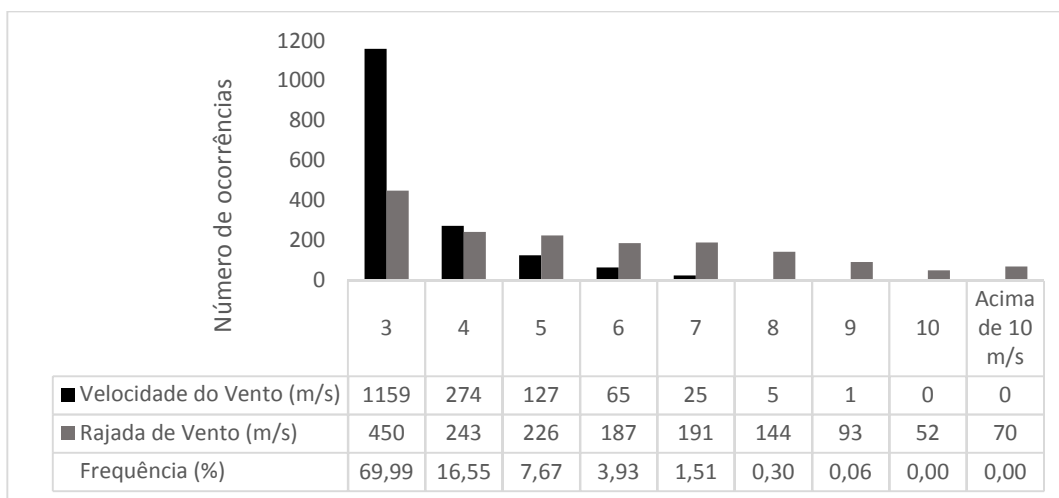


**Gráfico 4.** Tensão em corrente contínua – Aeroerador 1. O Autor (2018).

Após estas constatações foram coletadas informações acerca da ocorrência de ventos na região de campos dos Goytacazes durante este período, estes dados foram obtidos através da estação meteorológica de observação de superfície automática Campos dos Goytacazes – A607 do Instituto Nacional de Meteorologia situada a 14,4km do PICG.

Ao consultar o catálogo do fabricante do aeroerador e com posterior contato telefônico foi possível obter informações de que a geração de corrente a ponto de ser inserida na rede só ocorreria com de ventos de velocidade acima de 4.6m/s e com base nas

informações foram analisados os dados obtidos da estação meteorológica, resultando no gráfico 5.

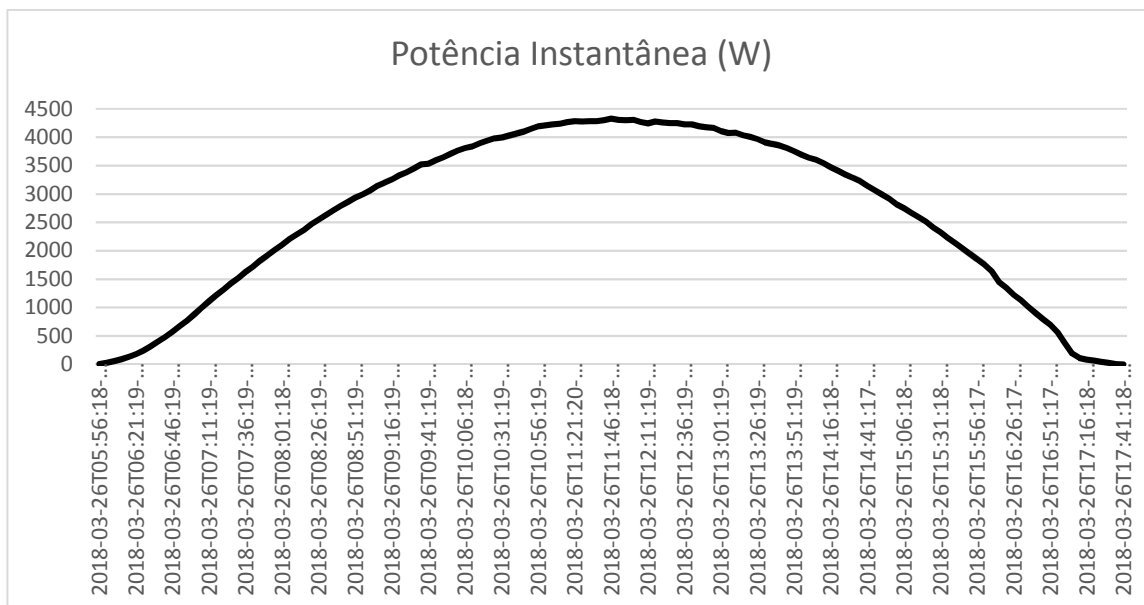


**Gráfico 5.** Ocorrência de ventos em Campos dos Goytacazes. O Autor (2018).

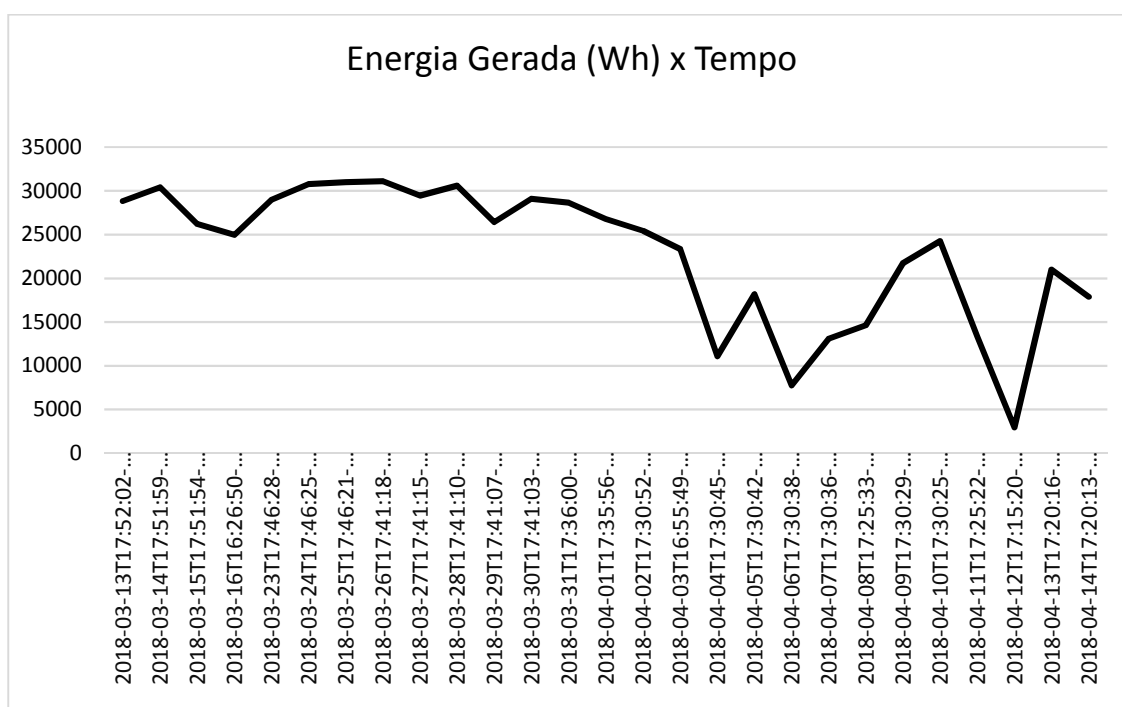
Após análise dos dados no período anteriormente citado e a percepção dada pelo gráfico de ocorrência de ventos, foi feito um cálculo da frequência na qual a velocidade média dos ventos alcançava valores de até 4,5m/s obtendo-se o valor de aproximadamente 91%, ou seja, apenas em 9% do período estudado haveria geração de energia a ponto de ser inserida na rede.

Ainda assim, se considerarmos os dados do catálogo do fabricante, a uma altura de 10 metros com uma velocidade do vento de pelo menos 4,5m/s constante, o aerogerador seria capaz de gerar aproximadamente 43kW.h/mês, a frequência na qual as medições realizadas pela estação meteorológica se situaram nesta faixa foi de aproximadamente 9%, ou seja, uma geração de 3,87kWh/mês.

Com relação aos dados de geração solar coletados pelos scripts foi possível constatar a normalidade na curva de geração para um determinado dia qualquer a partir da variável potência instantânea gerada conforme gráfico 6. No gráfico 7 buscou-se evidenciar a variação de potência gerada ao longo do tempo quando ocorre mudança climática variando de dia ensolarado à nublado ou chuvoso.



**Gráfico 6.** Curva de potência instantânea gerada no dia 26/03/2018. O Autor (2018).



**Gráfico 7.** Variação da energia gerada ao longo do tempo. O Autor (2018).

Considerando os dados acima analisados, a equivalência entre os 5 conjuntos fotovoltaicos de 5kWp e a ocorrência de um mês com todos os dias ensolarados, pode-se afirmar que somente o sistema fotovoltaico seria capaz de suprir 75% da energia consumida no mês de janeiro pelo PICG, que foi de aproximadamente 6,5MWh.

## 8 CONCLUSÕES E ESTUDOS FUTUROS

Com a conclusão desta dissertação foi possibilitada a independência da utilização do software proprietário do fabricante para a real possibilidade de integração dos dados referentes a geração de energia elétrica neste sistema híbrido solar fotovoltaico-eólico convertendo-se na disponibilidade imediata de dados a qualquer interessado com anuência do PICG.

A utilização da energia solar como fonte de geração de energia elétrica mostrou-se mais eficiente que a energia eólica dadas as condições de clima e geográficas do Polo de Inovação, a potência hoje instalada para geração fotovoltaica tem a capacidade de suprir 75% da energia elétrica consumida e que a adição de aproximadamente 9 kWh pico de geração fotovoltaica possibilitaria atingir a meta net zero em dias ensolarados.

A partir deste trabalho será possível ampliar a integração de dados de outros sistemas geradores pela aplicação da mesma metodologia empregada desde que seja previamente abordada a capacidade da disponibilização dos dados, de alguma forma, pelos equipamentos do sistema estudado.

E ainda com a prova de conceito de disponibilização destes dados será possível alimentar o sistema integrado do Projeto I2S para, em conjunto com dados de outros sistemas, promover a sustentabilidade por meio da inteligência, sendo assim conclui-se que os objetivos específicos da dissertação foram alcançados.

Como conclusões práticas geradas por este trabalho e recomendações de medidas de gerenciamento de recursos e manutenção, pode-se ressaltar:

- A necessidade de um estudo da razão pela qual o aerogerador 1 não possui desempenho semelhante ao aerogerador 2, gerando uma matriz causa-efeito para este sistema de geração;

- Realizar estudo de viabilidade para instalação dos aerogeradores no terraço do bloco B de modo a obter uma maior frequência de ventos que tenham menor influência das barreiras naturais, aumentando a capacidade de geração conforme o próprio catálogo do fabricante sugere.

Como estudos futuros pode-se pensar na utilização do protocolo RS485 e scripts em hardware Arduino ou raspberry para obter dados em intervalos menores de tempo diretamente



dos inversores dos aerogeradores a fim de ampliar a capacidade de mensuração da geração dada a característica intermitente da ocorrência de ventos.

E para a geração a partir da energia solar, ampliar a gama de variáveis coletadas a partir da API utilizada e diminuir o tempo entre coleta de dados a fim de estudar o rendimento prático da instalação dos painéis fotovoltaicos em área aberta e sem ocorrência de sombras.

Sugere-se também projeto de um mecanismo mecânico de baixo custo para acompanhamento do movimento do sol em relação aos painéis como forma de aumentar a geração de energia elétrica.

## Referências Bibliográficas

- AlAjmi, A., Abou-Ziyan, H., & Ghoneim, A. (2016). Achieving annual and monthly net-zero energy of existing building in hot climate. *Applied Energy*, *165*, 511–521. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.11.073>
- Bhati, A., Hansen, M., & Chan, C. M. (2017). Energy conservation through smart homes in a smart city: A lesson for Singapore households. *Energy Policy*, *104*, 230–239. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.01.032>
- BIG. (2017, May). Agência Nacional de Energia Elétrica. Retrieved from <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/FontesEnergia.asp>
- Burton, T. (Ed.). (2001). *Wind energy: handbook*. Chichester ; New York: J. Wiley.
- Charron, R. (2005). A Review of Low and Net-Zero Energy Solar Home Initiatives.
- Deru, M. P., Torcellini, P. A., Barley, D., & Pless, S. (2005). *Procedure for Measuring and Reporting Commercial Building Energy Performance* (No. NREL/TP-550-38601). National Renewable Energy Laboratory. Retrieved from <http://www.nrel.gov/docs/fy06osti/38600.pdf>
- Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie (Ed.). (2008). *Planning and installing photovoltaic systems: a guide for installers, architects and engineers* (2nd ed). London ; Sterling, VA: Earthscan.
- Frankfurt School – UNEP Collaborating Centre for Climate & Sustainable Energy Finance. (2017). *Global Trends in Renewable Energy Investment 2017* (p. 90).
- Fried, L., Shukla, S., Sawyer, S., & Teske, S. (2016). *Global Wind Outlook 2016* (p. 44). Global Wind Energy Council.

- Gasch, R., & Twele, J. (Eds.). (2012). *Wind Power Plants*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-22938-1>
- Geetha, T. ., & Selvi, J. (2013, Maio). Optimized power generation using hybrid wind and solar power. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, pp. 494–497.
- Goetzberger, A., & Hoffmann, V. U. (2005). *Photovoltaic solar energy generation*. Berlin ; New York: Springer.
- Green, M. A., Emery, K., Hishikawa, Y., Warta, W., Dunlop, E. D., Levi, D. H., & Ho-Baillie, A. W. Y. (2017). Solar cell efficiency tables (version 49): Solar cell efficiency tables (version 49). *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 25(1), 3–13. <https://doi.org/10.1002/pip.2855>
- GWEC. (2017). *Global Wind Statistics 2016* (p. 4). Global Wind Energy Council.
- Hammon, R., & Neugebauer, A. (2009). Applications for Large Residential Communities: What is Net-zero Energy? *Strategic Planning for Energy and the Environment*, 29, 26–55.
- Jones, D. L., & Watts, B. (2000). Zero Net Energy: Goal or Gimmick (pp. 461–465). Presented at the World Renewable Energy Congress VI. Retrieved from [http://ac-els-cdn-com.ez135.periodicos.capes.gov.br/B9780080438658500878/3-s2.0-B9780080438658500878-main.pdf?\\_tid=bf842898-3695-11e7-b581-00000aacb35f&acdnat=1494540425\\_379a160d4d9c6790b647e57145a766de](http://ac-els-cdn-com.ez135.periodicos.capes.gov.br/B9780080438658500878/3-s2.0-B9780080438658500878-main.pdf?_tid=bf842898-3695-11e7-b581-00000aacb35f&acdnat=1494540425_379a160d4d9c6790b647e57145a766de)
- Koo, C., Hong, T., Jeong, K., Ban, C., & Oh, J. (2017). Development of the smart photovoltaic system blind and its impact on net-zero energy solar buildings using technical-economic-political analyses. *Energy*, 124, 382–396. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.02.088>

- Lei 10.438/002, Pub. L. No. 10438 (2002). Retrieved from [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2002/L10438.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10438.htm)
- Li, H. X., Gül, M., Yu, H., Awad, H., & Al-Hussein, M. (2016). An energy performance monitoring, analysis and modelling framework for NetZero Energy Homes (NZEHS). *Energy and Buildings*, *126*, 353–364. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.05.041>
- Li, X., & Wen, J. (2017). Net-zero energy building clusters emulator for energy planning and operation evaluation. *Computers, Environment and Urban Systems*, *62*, 168–181. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2016.09.007>
- Lu, Y., Wang, S., Yan, C., & Huang, Z. (2017). Robust optimal design of renewable energy system in nearly/net zero energy buildings under uncertainties. *Applied Energy*, *187*, 62–71. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.11.042>
- Luque, A., & Hegedus, S. (Eds.). (2003). *Handbook of photovoltaic science and engineering*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Mueller, S. (2016). *Next Generation Wind and Solar Power. From Cost to Value* (p. 182). International Energy Agency. Retrieved from [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Next\\_Generation\\_Wind\\_and\\_Solar\\_PowerFrom\\_Cost\\_to\\_ValueFull\\_Report.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Next_Generation_Wind_and_Solar_PowerFrom_Cost_to_ValueFull_Report.pdf)
- Pless, S., & Torcellini, P. (2010). *Net-Zero Energy Buildings: A Classification System Based on Renewable Energy Supply Options* (No. NREL/TP-550-44586, 983417). <https://doi.org/10.2172/983417>
- Torcellini, P., Pless, S., Deru, M., & Crawley, D. (2006). Zero energy buildings: a critical look at the definition. *National Renewable Energy Laboratory and Department of Energy, US*. Retrieved from

[http://www.biomassthermal.org/programs/documents/118\\_ZEBCriticalLookDefiniton.pdf](http://www.biomassthermal.org/programs/documents/118_ZEBCriticalLookDefiniton.pdf)

Zhang, S., Huang, P., & Sun, Y. (2016). A multi-criterion renewable energy system design optimization for net zero energy buildings under uncertainties. *Energy*, *94*, 654–665. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.11.044>

## APÊNDICE A

### Bibliometria

Com intuito de aprofundamento nos conceitos básicos e principais para iniciar a discussão do objeto de estudo desta dissertação foram inicialmente buscados livros, manuais e relatórios sobre os assuntos energia eólica e energia solar fotovoltaica resultando, até o momento nas 18 publicações listadas abaixo.

Tipo	Título	Ano
Livros	Wind power: turbine design, selection, and optimization	2014
	Solar Energy: Fundamentals, Technology and Systems	2014
	Wind Power Plant	2012
	Planning and Installing Photovoltaic Systems	2008
	Photovoltaic Solar Energy Generation	2005
	Renewable and Efficient Electric Power Systems	2004
	Handbook of Photovoltaic Science and Engineering	2003
	Wind Energy Handbook	2001
Manuais	Getting Wind and Sun onto the Grid	2017
Relatórios	Global Wind Energy Outlook 2016	2016
	Global Wind Statistics 2016	2016
	Renewables 2016 Global Status Report	2016
	Snapshot of Global Photovoltaic Markets	2016
	Global Market Outlook for Solar Power 2016-2020	2016
	Renewable Energy and Jobs	2016
	Next Generation Wind and Solar Power	2016
	Technology Roadmap Solar Photovoltaic Energy	2014
	World Energy Outlook	2013
Solar Energy Perspectives	2011	

Dando andamento à pesquisa referente ao objeto de estudo desta dissertação foi então consultada a base de dados Scopus e Science Direct em busca de termos relacionados, sendo seus resultados apresentados a seguir.

Na busca pelo termo “net zero” sem nenhum filtro aplicado na base de dados Scopus foram encontrados 1214 documentos sendo o primeiro datado de 1957, porém a busca passa a ter relevância para o objeto de estudo desta dissertação quando este termo passa a ser relacionado com um balanço energético elétrico e a primeira citação aparece como forma de

notícia no Photovoltaic Bulletin de agosto de 2002. Na base de dados Science Direct foram encontradas 3034 publicações sendo a primeira também datada de 1957 e com relevância necessária para esta dissertação em um artigo do congresso mundial de energia renovável em 2000.

Dado que o termo pesquisado não era conceituado, apenas citado, foi executada uma nova busca porém com o termo somente no título da publicação obtendo 118 ocorrências na Base Science Direct e 471 ocorrências na base Scopus, nas duas bases a primeira ocorrência relacionada a balanço energético ocorrendo em 2004. Neste espaço amostral de 589 publicações foram iniciadas as buscas por um conceito inicial.

Verificada a abrangência da base Scopus com 4 vezes mais ocorrências neste último filtro executado, foi dada preferência a utilização desta na busca pelas publicações mais recentes nesta área, foi realizado um corte temporal para data de publicação a partir de 2012 até maio 2017 foram retornadas 339 publicações sendo 162 artigos e 143 *conference papers*, estes foram atrelados à 18 subáreas de estudos das quais as 5 mais relacionadas foram engenharia, energia, ciência ambiental, ciência social e ciência computacional, respectivamente.

Para avaliar a importância das 89 fontes de publicações que resultaram nas 339 publicações na primeira busca, foram selecionadas as fontes que tiveram pelo menos 5 publicações neste mesmo corte temporal resultando em 11 fontes de publicações, foi utilizada a ferramenta *Compare Sources* da base de dados Scopus de onde foram extraídos os dados abaixo.

Considerando o ano de 2015, fez-se um novo corte com base nas fontes que tiveram mais de 50% dos documentos publicados citados, excluindo citações que citaram de mesma fonte.

Ano 2015	Publicação	SJR	SNIP	Citações	Fatores		
					Documentos publicados	documentos citados	% documentos não citados
	Applied Energy	2,998	2,439	31066	1228	1181	3,83
	Energy	2,35	1,898	28879	1454	1274	12,38
	Energy and Buildings	2,073	1,866	19381	785	701	10,7
	Solar Energy	2,063	1,957	20596	590	512	13,22
	Building and Enviroment	2,12	2,19	13506	419	372	11,22
	Building Research and Information	1,433	1,34	2408	56	42	25
	Energy Procedia	0,378	0,48	9755	2987	1542	48,38

### Script de busca.

```
TITLE ("net zero") AND ( LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2017 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2016 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2015 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2014 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2013 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2012 ) )
```

Reexecutada a pesquisa considerando as fontes de publicações selecionadas e removidas 6 subáreas de assuntos após leituras dos abstracts, foram retornadas 81 publicações que representa aproximadamente 24% das 339 inicialmente selecionadas. Estas serão as publicações inicialmente analisadas não restrito as mesmas.

### Script

```
TITLE("net zero") AND ( EXCLUDE ( SUBJAREA,"MULT " ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA,"AGRI " ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA,"CHEM " ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA,"DECI " ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA,"EART " ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA,"NEUR " ) ) AND ( LIMIT-TO ( PUBYEAR,2017 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR,2016 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR,2015 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR,2014 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR,2013 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR,2012 ) ) AND ( LIMIT-TO ( EXACTSRCTITLE,"Energy And Buildings" ) OR LIMIT-TO ( EXACTSRCTITLE,"Energy Procedia" ) OR LIMIT-TO ( EXACTSRCTITLE,"Applied Energy" ) OR LIMIT-TO ( EXACTSRCTITLE,"Energy" ) OR LIMIT-TO ( EXACTSRCTITLE,"Building Research And Information" ) OR LIMIT-TO ( EXACTSRCTITLE,"Building And Environment" ) OR LIMIT-TO ( EXACTSRCTITLE,"Solar Energy" ) )
```



## APÊNDICE B

```
#!/usr/bin/python
# -*- coding:utf-8 -*-
##### SCRIPT PARA O AEROGERADOR #####
#
# Python program to read data sent from a Ginlong/Solis 2G inverter
equipped with a Wi-Fi 'stick'.
#
# Requires setting up the inverter stick to send data to the
computer running the read-ginlong
# script. Settings located in the advanced settings, then remote
server. Add a new 'remote server' with the ip address of your
computer and port 9999. The inverter will send data every five
minutes.
#
# Data publishing to a MQTT Broker
# Data saving at local txt file
#
#####

import socket, binascii, time, codecs
import paho.mqtt.client as mqttClient
import requests
import sys
import os
import json
import re
import urllib

Connected = False #global variable for the state of the connection

def on_log (client, userdata, level, buff):
    print ('log: '+buff)

def on_connect(client, userdata, flags, rc):
    if rc==0:
        print ("Conectado")
        global Conectado
        Conectado= True
    else:
        print("Connectionfailed")

def on_message(client, userdata, message):
    print("message received " ,str(message.payload.decode("utf-
8")))
    print("message topic=",message.topic)
    print (str(message.payload.decode("utf-8")).split('#'))

#string_armazenamento=''
# change these values to suit your requirements:-
HOST = '' #Hostname or ip address of interface, leave blank for all
PORT = 9999 # listening on port 9999
```

```

#Configurações mqtt
MQTT_SERVER2="iot5.picg.iff.edu.br"
MQTT_USER2="XXXXXX" #user changed to XXXXXX by security purpose
MQTT_PASS2="XXXXXX" #password changed to XXXXXX by security purpose
PORTA2=1883
# fim da configuração mqtt

# inverter values found (so far) all big endian 16 bit unsigned:-
header1 = binascii.unhexlify ('685951b0')
header = binascii.hexlify(header1) # hex
stream header
data_size = 206 # hex stream size
inverter_sn = 15 # offset 15 - 30 inverter
serial number
inverter_temp = 31 # offset 31 & 32
temperature (/10)
inverter_vdcl = 33 # offset 33 & 34 DC volts
chain 1 (/10)
inverter_vdc2 = 35 # offset 35 & 36 DC volts
chain 2 (/10)
inverter_adc1 = 39 # offset 39 & 40 DC amps
chain 1 (/10)
inverter_adc2 = 41 # offset 41 & 42 DC amps
chain 2 (/10)
inverter_aac = 45 # offset 45 & 46 AC
output amps (/10)
inverter_vac = 51 # offset 51 & 52 AC
output volts (/10)
inverter_freq = 57 # offset 57 & 58 AC
frequency (/100)
inverter_now = 59 # offset 59 & 60 currant
generation Watts
inverter_yes = 67 # offset 67 & 68
yesterday kwh (/100)
inverter_day = 69 # offset 69 & 70 daily
kWh (/100)
inverter_tot = 73 # offset 73 & 74 total
kWh (/10)
inverter_mth = 87 # offset 87 & 88 total
kWh for month
inverter_lmth = 91 # offset 91 & 92 total
kWh for last month
sock = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM) # create
socket on required port
sock.bind((HOST, PORT))
print ("Ouvindo na porta:"+str(PORT)+" => aguardando dados")
while True: # loop forever
    sock.listen(1) # listen on
port
    conn, addr = sock.accept() # wait for inverter
connection
    rawdata = conn.recv(1000) # read incoming data
    hexdata = binascii.hexlify(rawdata) # convert data to
hex
    if((hexdata[0:8] == header) and (len(hexdata) == data_size)):
        # check for valid data

```

```

# extract main values and
convert to decimal
    watt_now =
str(int(hexdata[inverter_now*2:inverter_now*2+4],16)) #
generating power in watts
    kwh_day =
str(float(int(hexdata[inverter_day*2:inverter_day*2+4],16))/100) #
running total kwh for day
    kwh_total =
str(int(hexdata[inverter_tot*2:inverter_tot*2+4],16)/10) # running
total kwh from installation

    temp =
str(float(int(hexdata[inverter_temp*2:inverter_temp*2+4],16))/10)
    # temperature

# extract dc
input values and convert to decimal
    dc_volts1=
str(float(int(hexdata[inverter_vdc1*2:inverter_vdc1*2+4],16))/10)
    # input dc volts from chain 1
    dc_volts2=
str(float(int(hexdata[inverter_vdc2*2:inverter_vdc2*2+4],16))/10)
    # input dc volts from chain 2
    dc_amps1 =
str(float(int(hexdata[inverter_adc1*2:inverter_adc1*2+4],16))/10)
    # input dc amps from chain 1
    dc_amps2 =
str(float(int(hexdata[inverter_adc2*2:inverter_adc2*2+4],16))/10)
    # input dc amps from chain 2

# extract other ac values and
convert to decimal
    ac_volts =
str(float(int(hexdata[inverter_vac*2:inverter_vac*2+4],16))/10)
    # output ac volts
    ac_amps =
str(float(int(hexdata[inverter_aac*2:inverter_aac*2+4],16))/10)
    # output ac amps
    ac_freq =
str(float(int(hexdata[inverter_freq*2:inverter_freq*2+4],16))/100)
    # output ac frequency hertz

# extract other historical
values and convert to decimal
    kwh_yesterday =
str(float(int(hexdata[inverter_yes*2:inverter_yes*2+4],16))/100) #
yesterday's kwh
    kwh_month =
str(int(hexdata[inverter_mth*2:inverter_mth*2+4],16))
    # running total kwh for month

```

```

        kwh_lastmonth =
str(int(hexdata[inverter_lmth*2:inverter_lmth*2+4],16))
        # running total kwh for last month
        sni =
codecs.decode(hexdata[inverter_sn*2:inverter_sn*2+32],"hex").decode(
'utf-8') # inersor serial number

        timestamp = (time.strftime("%F %H:%M")) # get
date time

        #enviar msg mqtt
        client = mqttClient.Client("AEROpicg")
#create new instance
        client.username_pw_set(MQTT_USER2, password=MQTT_PASS2)
#set username and password
        client.on_connect= on_connect
#attach function to callback
        client.on_log= on_log
        client.connect(MQTT_SERVER2, port=PORTA2)
#connect to broker
        time.sleep(5)
        client.loop_start() #start the loop mqtt
        client.on_message=on_message

        if sni=="000140016818011 ":
            client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
101/TIMESTAMP")
            client.publish("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
101/TIMESTAMP",timestamp)
            client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
101/POWER")
            client.publish("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
101/POWER",watt_now)
            client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
101/POWERDAY")
            client.publish("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
101/POWERDAY",kwh_day)
            client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
101/TEMPERATURE")
            client.publish("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
101/TEMPERATURE",temp)
            client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
101/DCV")
            client.publish("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
101/DCV",dc_volts1)
            client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
101/DCA")
            client.publish("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
101/DCA",dc_amps1)
            client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
101/ACV")
            client.publish("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
101/ACV",ac_volts)
            client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
101/ACA")

```

```

        client.publish("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
101/ACA", ac_amps)
        client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
101/ACF")
        client.publish("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
101/ACF", ac_freq)
        client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
101/KWHY")
        client.publish("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
101/KWHY", kwh_yesterday)
        client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
101/KWHM")
        client.publish("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
101/KWHM", kwh_month)
        client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
101/KWHLM")
        client.publish("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
101/KWHLM", kwh_lastmonth)
        elif sni=="000140016818012 ":
        client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
102/TIMESTAMP")
        client.publish("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
102/TIMESTAMP", timestamp)
        client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
102/POWER")
        client.publish("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
102/POWER", watt_now)
        client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
102/POWERDAY")
        client.publish("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
102/POWERDAY", kwh_day)
        client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
102/TEMPERATURE")
        client.publish("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
102/TEMPERATURE", temp)
        client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
102/DCV")
        client.publish("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
102/DCV", dc_volts1)
        client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
102/DCA")
        client.publish("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
102/DCA", dc_amps1)
        client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
102/ACV")
        client.publish("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
102/ACV", ac_volts)
        client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
102/ACA")
        client.publish("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
102/ACA", ac_amps)
        client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
102/ACF")
        client.publish("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
102/ACF", ac_freq)

```

```

        client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
102/KWHY")
        client.publish("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
102/KWHY",kwh_yesterday)
        client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
102/KWHM")
        client.publish("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
102/KWHM",kwh_month)
        client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
102/KWHLM")
        client.publish("/POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/JIT-
102/KWHLM",kwh_lastmonth)
    else:
        print ("Gerador Eólico não cadastrado para
publicação")
        time.sleep(3)
        client.disconnect()
        client.loop_stop()
        query = timestamp + ";" + sni + ";" + watt_now + ";" +
kwh_day + ";" + kwh_total + ";" + dc_volts1 + ";" + dc_amps1 + ";" +
dc_volts2 + ";" + dc_amps2 + ";" + ac_volts + ";" + ac_amps + ";" +
ac_freq + ";" + kwh_yesterday + ";" + kwh_month + ";" +
kwh_lastmonth + ";" + temp
        print (query)
        f = open('/home/leocavadas/aerogeradores.txt','a') #add
CVS formatted to file
        f.write(query+'\n') #substituido string armazenamento por
query
        f.close()
        query=''#substituido string armazenamento por query
    else:
        print('FALSO')

conn.close()

# -*- coding: utf-8 -*-
##### SCRIPT PARA O GERADOR FOTOVOLTAICO #####
#
# Python program to get cgi file by Fronius API use
#
# Data publishing to a MQTT Broker
# Data saving at local txt file
#
#####
#####

import paho.mqtt.client as mqttClient
import requests
import sys
import os
import json
import re
import urllib
import time
year_energy=0

```

```

iac=0
udc=0
pac=0
day_energy=0
fac=0
uac=0
idc=0
timestamp=0

def on_log (client, userdata, level, buff):
    print ('log: '+buff)

def on_connect(client, userdata, flags, rc):
    if rc==0:
        print ("Conectado")
        global Conectado
        Conectado= True
    else:
        print("Connectionfailed")

def on_message(client, userdata, message):
    print("message received " ,str(message.payload.decode("utf-8")))
    print("message topic=",message.topic)
    print (str(message.payload.decode("utf-8")).split('#'))

Connected = False #global variable for the state of the connection
hostname"

def capturar_dados(endereco_cgi):
    url = "http://" + hostname + endereco_cgi
    r = requests.get(url, timeout=60)
    r.raise_for_status()
    jsondata = r.json()
    return jsondata

string_armazenamento=''
#Configurações mqtt
MQTT_SERVER2="iot5.picg.iff.edu.br"
MQTT_USER2="XXXXXX" #user changed to XXXXXX by security purpose
MQTT_PASS2="XXXXXX" #password changed to XXXXXX by security purpose
PORTA2=1883
# fim da configuração mqtt

dados_producao_inversor=capturar_dados("/solar_api/v1/GetInverterRealtimeData.cgi?Scope=Device&DeviceId=1&DataCollection=CommonInverterData")
print dados_producao_inversor
year_energy=dados_producao_inversor['Body']['Data']['YEAR_ENERGY']['Value']
print dados_producao_inversor['Body']['Data']['YEAR_ENERGY']['Value']
iac=dados_producao_inversor['Body']['Data']['IAC']['Value']
print dados_producao_inversor['Body']['Data']['IAC']['Value']
udc=dados_producao_inversor['Body']['Data']['UDC']['Value']
print dados_producao_inversor['Body']['Data']['UDC']['Value']
pac=dados_producao_inversor['Body']['Data']['PAC']['Value']
print dados_producao_inversor['Body']['Data']['PAC']['Value']
day_energy=dados_producao_inversor['Body']['Data']['DAY_ENERGY']['Value']
print dados_producao_inversor['Body']['Data']['DAY_ENERGY']['Value']

```

```

total_energy=dados_producao_inversor['Body']['Data']['TOTAL_ENERGY']['Value']
print dados_producao_inversor['Body']['Data']['TOTAL_ENERGY']['Value']
fac=dados_producao_inversor['Body']['Data']['FAC']['Value']
print dados_producao_inversor['Body']['Data']['FAC']['Value']
uac=dados_producao_inversor['Body']['Data']['UAC']['Value']
print dados_producao_inversor['Body']['Data']['UAC']['Value']
idc=dados_producao_inversor['Body']['Data']['IDC']['Value']
print dados_producao_inversor['Body']['Data']['IDC']['Value']
timestamp=dados_producao_inversor['Head']['Timestamp']
print dados_producao_inversor['Head']['Timestamp']

#enviar msg mqtt
client = mqttClient.Client("PVpicg") #create new instance
client.username_pw_set(MQTT_USER2, password=MQTT_PASS2) #set
username and password
client.on_connect= on_connect #attach function to
callback
client.on_log= on_log
client.connect(MQTT_SERVER2, port=PORTA2) #connect to broker
time.sleep(5)
client.loop_start() #start the loop mqtt
client.on_message=on_message

client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOSOLAR/NA/JIT-101/YEARENERGY")
client.publish("/POLO/I2S/GERACAOSOLAR/NA/JIT-
101/YEARENERGY",year_energy)
client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOSOLAR/NA/JIT-101/IAC")
client.publish("/POLO/I2S/GERACAOSOLAR/NA/JIT-101/IAC",iac)
client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOSOLAR/NA/JIT-101/UDC")
client.publish("/POLO/I2S/GERACAOSOLAR/NA/JIT-101/UDC",udc)
client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOSOLAR/NA/JIT-101/PAC")
client.publish("/POLO/I2S/GERACAOSOLAR/NA/JIT-101/PAC",pac)
client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOSOLAR/NA/JIT-101/DAYENERGY")
client.publish("/POLO/I2S/GERACAOSOLAR/NA/JIT-
101/DAYENERGY",day_energy)
client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOSOLAR/NA/JIT-101/FAC")
client.publish("/POLO/I2S/GERACAOSOLAR/NA/JIT-101/FAC",fac)
client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOSOLAR/NA/JIT-101/UAC")
client.publish("/POLO/I2S/GERACAOSOLAR/NA/JIT-101/UAC",uac)
client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOSOLAR/NA/JIT-101/IDC")
client.publish("/POLO/I2S/GERACAOSOLAR/NA/JIT-101/IDC",idc)
client.subscribe("/POLO/I2S/GERACAOSOLAR/NA/JIT-101/TIMESTAMP")
client.publish("/POLO/I2S/GERACAOSOLAR/NA/JIT-101/TIMESTAMP",timestamp)
time.sleep(3)
client.disconnect()
client.loop_stop()
string_armazenamento=(str(year_energy)+" "+str(iac)+" "+str(udc)+" "+str
(pac)+" "+str(day_energy)+" "+str(fac)+" "+str(uac)+" "+str(idc)+" "+s
tr(timestamp))
print string_armazenamento
f = open('/home/leocavadas/fotovoltaicos.txt','a') #add CVS formatted
to file
f.write(string_armazenamento+'\n')
f.close()

```