

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
FLUMINENSE**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS APLICADOS À  
ENGENHARIA E GESTÃO**

**Juliana de Souza Monteiro**

**ARQUITETURA DE UM CAMPUS INTELIGENTE E SUSTENTÁVEL:  
IMPLEMENTAÇÃO NO POLO DE INOVAÇÃO DO INSTITUTO  
FEDERAL FLUMINENSE**

Campos dos Goytacazes, RJ

2019

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
FLUMINENSE**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS APLICADOS À  
ENGENHARIA E GESTÃO**

**JULIANA DE SOUZA MONTEIRO**

**ARQUITETURA DE UM CAMPUS INTELIGENTE E SUSTENTÁVEL:  
IMPLEMENTAÇÃO NO POLO DE INOVAÇÃO DO INSTITUTO FEDERAL  
FLUMINENSE**

**Prof. D.Sc. Rogerio Atem de Carvalho  
(Orientador)**

**Prof. D.Sc. William da Silva Vianna  
(Coorientador)**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal Fluminense, no curso de Mestrado Profissional em Sistemas Aplicados à Engenharia (MPSAEG), como parte dos requisitos necessários à obtenção de título de Mestre em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão, Área de Concentração Sistemas Computacionais.

**Campos dos Goytacazes, RJ**

**2019**

Biblioteca Anton Dakitsch  
CIP - Catalogação na Publicação

M775a Monteiro, Juliana de Souza  
Arquitetura de um campus inteligente e sustentável: implementação no Instituto Federal Fluminense / Juliana de Souza Monteiro - 2019.  
111 f.: il.

Orientador: Rogerio Atem de Carvalho  
Coorientador: William da Silva Vianna

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, 2019.  
Referências: f. 88 a 92.

1. Campus Inteligente. 2. Sustentabilidade. 3. Internet das Coisas. 4. Eficiência Energética. 5. Eficiência Hídrica. I. Carvalho, Rogerio Atem de, orient. II. Vianna, William da Silva, coorient. III. Título.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
FLUMINENSE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS APLICADOS À  
ENGENHARIA E GESTÃO

Juliana de Souza Monteiro

ARQUITETURA DE UM CAMPUS INTELIGENTE E SUSTENTÁVEL:  
IMPLEMENTAÇÃO NO POLO DE INOVAÇÃO DO INSTITUTO FEDERAL  
FLUMINENSE

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão (MPSAEG), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão

Aprovada em 19 de dezembro de 2019.

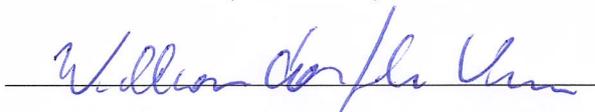
Banca Examinadora:



Prof. D.Sc. Rogério Atem de Carvalho

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense

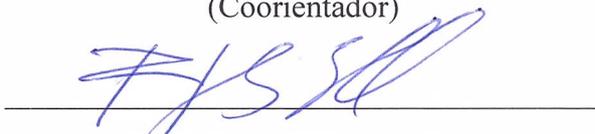
(Orientador)



Prof. D.Sc. William da Silva Vianna, Doutor

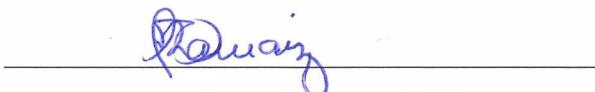
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense -

(Coorientador)



Prof. D.Sc. Renato Gomes Sobral Barcellos, Doutor

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense



Prof<sup>a</sup>. D.Sc. Annabell Del Real Tamariz, Doutora

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente quero agradecer a Deus, por me dar forças para prosseguir mesmo que a caminhada pareça impossível. Por me dar uma mãe, um filho e um marido maravilhosos, que me apoiam não importa a circunstância.

Agradeço ao meu orientador, o professor Rogerio Atém de Carvalho por acreditar em mim, quando nem eu mesma acreditava e me mostrar um mundo de inovações.

Agradeço ao meu coorientador, o professor William da Silva Vianna, por me conduzir ao caminho do conhecimento e me apoiar nesta longa caminhada.

Agradeço ao professor Henrique Rego Monteiro da Hora, por me aceitar na sua disciplina e me conduzir ao caminho da pesquisa.

Agradeço a todos os servidores do Polo de Inovação, por toda ajuda a mim direcionada no desenvolvimento deste trabalho, principalmente aos servidores, Pablo Vinicius, Charles Gava Borges e o Amaro Ricardo.

Agradeço muitíssimo aos bolsistas e estagiários voluntários do projeto I2S: Ana Flávia Souza Silva, Bruno Siqueira Soares, Gabriel Figueira de Paiva, José Daniel Flores Silva, João Carlos de Souza Castro, João Pedro Marcelino Terra, Jhulian Bueno, Pedro Henrique dos Santos Freixo, Thadeu Arieih Pessanha Pereira.

## RESUMO

A dependência de recursos essenciais para sobrevivência do ser humano, como a água e a energia, os quais estão cada vez mais escassos, devido a demanda exigida pela sociedade contemporânea e da que está por vir, provocam discussões sobre a utilização consciente destes recursos e novas formas de promover o desenvolvimento sustentável. Diante deste preocupante cenário, a implementação de ambientes inteligentes: como os campus inteligentes são importantes, pois contribuem na utilização e na gestão eficiente de recursos, como água e energia, através de tecnologias ecos sustentáveis. O objetivo do presente trabalho é implementar uma arquitetura de um campus inteligente e sustentável, contida no projeto Integração e Inteligência para a Sustentabilidade (I2S), que foca na infraestrutura para promover a utilização consciente de recursos hídricos e energéticos, sua inteligência é baseada na sustentabilidade para tornar o Polo de Inovação do Instituto Federal Fluminense um modelo na busca pelo desenvolvimento sustentável. A metodologia consiste na integração dos dados dos subsistemas híbridos de geração de energia elétrica, a partir de fontes renováveis, como a eólica e a solar fotovoltaica, além da integração dos subsistemas de monitoramento de consumos de recursos como a água e a energia. A integração dos dados foi realizada pela ferramenta Node-Red, utilizada em aplicações voltadas para uso de Internet das Coisas O software MySCADA foi utilizado para apresentar através de um sistema de monitoramento, que possui uma interface responsiva, informações consolidadas e gráficos para análise de toda a energia que é gerada e consumida e toda água que é tratada e consumida. Foram instalados medidores eletrônicos de vazão de água e medidores eletrônicos de consumo de energia, que apresentam dados consistentes dos consumos de recursos, e ainda podem traçar um perfil dos macros consumos no Polo de Inovação. Pode-se concluir que estes subsistemas de geração de energias renováveis e consumo de recursos (água e energia) foram integrados a partir dos cálculos dos saldos, gráficos comparativos e equivalente carbono apresentados no sistema de monitoramento I2S.

**Palavras chave:** Campus Inteligente; Sustentabilidade; Internet das Coisas; Eficiência Energética; Eficiência Hídrica.

## ABSTRACT

The dependence on resources essential for human survival, such as water and energy, which are increasingly scarce due to the demand demanded by contemporary society and the coming, provoke discussions about the conscious use of these resources and new ones. ways to promote sustainable development. Faced with this worrying scenario, the implementation of smart environments: how smart campuses are important, as they contribute to the efficient use and management of resources such as water and energy through sustainable eco technologies. The aim of this paper is to implement an intelligent and sustainable campus architecture, contained in the project Integration and Intelligence for Sustainability (I2S), which focuses on infrastructure to promote the conscious use of water and energy resources, its intelligence is based on sustainability. to make the Innovation Hub of Instituto Federal Fluminense a model in the pursuit of sustainable development. The methodology consists of integrating data from hybrid power generation subsystems from renewable sources such as wind and solar photovoltaic, as well as integrating resource consumption monitoring subsystems such as water and energy. Data integration was performed by the Node-Red tool, used in applications focused on the use of the Internet of Things. MySCADA software was used to present through a monitoring system, which has a responsive interface, consolidated information and graphs for analysis of the whole. the energy that is generated and consumed and all the water that is treated and consumed. Electronic water flow meters and electronic energy consumption meters were installed, which present consistent data on resource consumption and can draw a profile of the macros consumed at the Innovation Hub. It can be concluded that these renewable energy generation and resource consumption (water and energy) subsystems were integrated from the balances calculations, comparative graphs and carbon equivalent presented in the I2S monitoring system.

**Keywords:** Smart Campus; Sustainability; Internet of Things; Energy Efficiency; Water Efficiency.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pilares da Sustentabilidade e suas interseções .....	20
Figura 2 - Geração mundial de energia por fonte .....	21
Figura 3 -Paradigma da Internet das Coisas .....	23
Figura 4 - Cronologia de evolução da Internet das Coisas .....	23
Figura 5 -A relação da Internet das Coisas em diversos ambientes inteligentes .....	24
Figura 6 - NASA Sustainability Base.....	26
Figura 7 - Centro Sebrae de Sustentabilidade (CSS).....	27
Figura 8 - Songdo International Business District (Songdo SIBD) .....	28
Figura 9 - Competências transversais do Polo de Inovação .....	31
Figura 10 - Polo de Inovação do Instituto Federal Fluminense.....	32
Figura 11 - Visão do geral dos subsistemas do I2S .....	34
Figura 12 - Painéis fotovoltaicos instalados no Polo de Inovação .....	36
Figura 13 - Inversores da Fronius instalados no Polo de Inovação .....	37
Figura 14 - Geradores eólicos instalados no Polo de Inovação .....	37
Figura 15 - Inversores da Ginlong Technologies instalados no Polo de Inovação.....	38
Figura 16 - Medidor eletrônico de energia .....	39
Figura 17 - Medidor eletrônico de vazão de água .....	39
Figura 18 - Visão geral do modelo Publisher e o Subscriber .....	42
Figura 19 - Quadro de mensagem ModBus.....	42
Figura 20 - Módulos de operação de um Software SCADA .....	44
Figura 21 – Ponto de acesso Unifi indoor .....	45
Figura 22- Ponto de acesso Unifi outdoor .....	46
Figura 23 - Validação dos dados de consumo de energia no barramento ModBus .....	50
Figura 24 - Fragmento do código em fluxos do Node-Red (Extrator de dados dos inversores solar fotovoltaicos) .....	51
Figura 25 - Interface web embarcada no inversor eólico da Ginlong Technologies .....	52
Figura 26 - Sequência de dados dos inversores eólicos da Ginlong.....	52
Figura 27 - Fragmento do código em fluxos do Node-Red (extrator de dados dos inversores eólicos) .....	53
Figura 28 - Fragmento dos fluxos do Node-Red (extrator de dados dos medidores eletrônicos de vazão de água) .....	54

Figura 29 - Fragmento do código em fluxos do Node-Red (Extrator de dados dos medidores elet.de energia).....	55
Figura 30 - Arquitetura Lógica da Comunicação I2S.....	57
Figura 31 - Arquitetura Física da Comunicação I2S .....	59
Figura 32 - Diagrama de localização dos medidores eletrônicos de água instalados no Polo de Inovação.....	60
Figura 33 - Medidor de vazão eletrônico instalado com linha de by-passFonte: Própria (2019) .....	60
Figura 34 - Medidor de vazão eletrônico instalado com linha de by-pass .....	62
Figura 35 - Visão geral da localização dos medidores eletrônicos de energia instalados no Polo de Inovação .....	62
Figura 36 - Visão ampliada do quadro de distribuição de energia .....	63
Figura 37 - Visão geral da cobertura Wi-Fi para atender aos dispositivos I2S.....	64
Figura 38 - Visão geral do Project e da conexão com ambiente de execução ( Serv.MySCADA) .....	67
Figura 39 – Criação da conexão com o barramento ModBUS.....	68
Figura 40 - Visão geral da lista de visões do projeto criadas MyDESIGNER.....	68
Figura 41 - Visão geral da view “Home” criada no MyDESIGNER .....	69
Figura 42 - Visão geral da view “Geração_solar” criada no MyDESIGNER.....	69
Figura 43 - Visão geral da view “Geração_eólica” criada no MyDESIGNER.....	70
Figura 44 - Visão geral da view “Rendimento” criada no MyDESIGNER .....	70
Figura 45 - Visão geral da view “Consumo_Inst” criada no MyDESIGNER .....	71
Figura 46 - Visão geral da view Consumo_dia_mês_ano criada no MyDESIGNER.....	71
Figura 47 - Visão geral da view “Ambiente” desenvolvida no MyDESIGNER.....	72
Figura 48 - Visão geral das Tags (variáveis) criadas no MyDESIGNER .....	72
Figura 49 - Visão do código em Java Script dos componentes view “Consumo_Inst”. .....	73
Figura 50 - Medidor eletrônico de vazão de água instalado no bloco A .....	74
Figura 51 - Figura x – Medidor eletrônico de vazão de água instalado no bloco C.....	74
Figura 52 - Medidor eletrônico de vazão de água instalado da Guarita .....	75
Figura 53 - Medidor eletrônico de vazão de água instalado na ETA .....	75
Figura 54 - Visão geral dos medidores eletrônicos de energia instalados no bloco A.....	76
Figura 55 - Visão geral de três medidores eletrônicos de consumo de energia inst. no bloco B .....	77

Figura 56 - Visão geral de três medidores eletrônicos de energia inst. no bloco C .....	77
Figura 57 - Interface Home do sistema de Monitoramento I2S .....	78
Figura 58 - Interface relacionada a Geração solar fotovoltaica.....	79
Figura 59 - Gráfico de Tendência das potências dos cinco inversores conectados as placas solares fotovoltaicos .....	80
Figura 60 - Interface da geração de energia eólica.....	80
Figura 61 – Interface relacionada aos consumos instantâneos e energia e de água .....	81
Figura 62 - Visão geral do gráfico de tendência do consumo de energia por bloco do Polo de Inovação.....	82
Figura 63 - Interface relacionada aos consumos de energia e de água (totalizados do dia, mês, ano).....	82
Figura 64 – Interface relacionada aos parâmetros elétricos .....	83
Figura 65 - Interface Rendimento do sistema de Monitoramento I2S .....	84
Figura 66 - Interface Arquitetura de Comunicação I2S para análise do status da conectividade .....	84

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Lista de requisitos funcionais do sistema de Monitoramento I2S.....	40
Quadro 2 - Lista de requisitos não funcionais do Sistema de Monitoramento I2S .....	41
Quadro 3 - Tópicos MQTT dos medidores eletrônicos de consumo de energia .....	47
Quadro 4 - Consulta aos dados do tópico MQTT BLOCOA/JT301 .....	48
Quadro 5 - Tópicos MQTT dos medidores eletrônicos vazão de água .....	48
Quadro 6 - Faixa de endereços dos registradores no barramento ModBus .....	49
Quadro 7 - Tipos de dados extraídos dos inversores solares fotovoltaicos .....	51
Quadro 8 - Tipo de dados extraídos dos inversores eólicos Ginlong .....	53
Quadro 9 - Tipo de dados extraídos dos medidores eletrônicos de vazão de água .....	54
Quadro 10 - Tipo de dados extraídos dos medidores eletrônicos de energia .....	55
Quadro 11 - Resumo do cálculo da vazão de água dos medidores.....	61
Quadro 12 - Pesquisa na base de conhecimento Scopus .....	94
Quadro 13 - Artigos com maior número de citações.....	97
Quadro 14 - Endereços dos registradores do inversor F1-JIT201 no barramento ModBus ...	100
Quadro 15 - Endereços dos registradores no barramento ModBus referentes ao inversor F2- JIT202.....	100
Quadro 16 - Endereços dos registradores no barramento ModBus, referentes ao inversor F3- JIT203.....	101
Quadro 17 - Endereços dos registradores no barramento ModBus, referentes ao inversor F4- JIT204.....	101
Quadro 18 - Endereços dos registradores no barramento ModBus referentes ao inversor F5- JIT205.....	102
Quadro 19 - Endereços dos registradores no barramento Modbus, referentes ao inversor G1- JIT211.....	102
Quadro 20 - Endereços dos registradores no barramento ModBus, referentes ao inversor G2- JIT212.....	103
Quadro 21 - Endereços dos registradores no barramento ModBus referentes ao inversor G3- JIT213.....	103
Quadro 22 - Endereços dos registradores no barramento Modbus, referentes aos medidores eletrônicos de consumo de energia, localizados no bloco A .....	104

Quadro 23 - Endereços dos registradores no barramento Modbus, referentes aos medidores eletrônicos de consumo de energia, localizados B .....	104
Quadro 24 - Endereços dos registradores no barramento Modbus, referentes aos medidores eletrônicos de consumo de energia, localizados C .....	105
Quadro 25 - Endereços dos registradores no barramento Modbus, referentes aos medidores eletrônicos de consumo de energia, localizados na área externa.....	105
Quadro 26 - Endereços dos registradores no barramento Modbus, referentes aos somatórios dos dados dos medidores de energia .....	106
Quadro 27 - Endereços dos registradores no barramento Modbus, referentes aos medidores eletrônicos de energia, localizados na guarita .....	106
Quadro 28 - Endereços dos registradores Modbus dos somatórios dos PACs e Totais dos medidores eletrônicos de energia .....	106
Quadro 29 – Endereços dos registradores Modbus dos medidores eletrônicos de vazão de água .....	107
Quadro 30 - Endereçamento Modbus dos cálculos de rendimento, economia e outros .....	108
Quadro 31 - Endereços dos registradores no barramento Modbus relacionados à conectividade e diagnóstico.....	109
Quadro 32 - Lista e levantamento de custo dos materiais utilizados no medidor eletrônico de energia .....	110
Quadro 33 – Lista e levantamento de custo dos materiais utilizados no medidor eletrônico de vazão de água.....	111

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Visão geral da latência do inversor fotovoltaico – IP é: 10.80.0.88 .....	65
Gráfico 2 - Visão geral da latência do inversor eólico - IP: 10.80.0.27 .....	66
Gráfico 3 - Visão geral da latência do medidor eletrônico de consumo de energia - IP: 10.80.0.132 .....	66
Gráfico 4 - Visão geral da latência do medidor eletrônico de vazão de água IP: 10.80.0.134.	67
Gráfico 5 - Artigos analisados por país de origem das publicações .....	95
Gráfico 6 - Relação de autores e publicações.....	96
Gráfico 7 - Cronologia da produção .....	97
Gráfico 8 - Quantidade de artigos por veículo de comunicação.....	99

## LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

BREEAM	Building Establishment Environmental Assessment Method
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CSS	Centro Sebrae de Sustentabilidade
CIB	Capacity and Institution Building
EMBRAPII	Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial
IBI	Intelligent Buildings Institute
FNDCT	Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
IBD	<i>International Business District</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
ITU- FG-SSC	International Telecommunication Union Focus Group on Smart Sustainable Cities
I2S	Integração e Inteligência para Sustentabilidade
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
MCTIC	Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
NASA	National Aeronautics and Space Administration
ONU	Organizações das Nações Unidas
PD&I	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PRÓ-IFF	Fundação de Apoio à Educação, Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico Fluminense
SCADA	Supervisão Controle e Aquisição de Dados
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
UPEA	Unidade de Pesquisa e Extensão Agroambiental

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>1.1. Contextualização .....</b>	<b>16</b>
<b>1.2 Objetivos .....</b>	<b>17</b>
1.2.1 Geral .....	17
1.2.2 Específicos.....	17
<b>1.3. Justificativa.....</b>	<b>17</b>
<b>1.4 Estrutura do Trabalho .....</b>	<b>18</b>
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>20</b>
<b>2.1 Sustentabilidade .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2 Internet das Coisas (Internet of Things) (IoT) .....</b>	<b>22</b>
<b>2.3 Prédios Inteligentes (Intelligent Buildings) .....</b>	<b>24</b>
<b>2.4 Cidades Inteligentes (Smart Cities).....</b>	<b>27</b>
<b>2.5 Campus Inteligente (Smart Campus) .....</b>	<b>29</b>
<b>3. O POLO DE INOVAÇÃO DO INSTITUTO FEDERAL FLUMINENSE .....</b>	<b>31</b>
<b>4. INTEGRAÇÃO E INTELIGÊNCIA PARA A SUSTENTABILIDADE - (I2S) .....</b>	<b>33</b>
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>35</b>
<b>5.1 Classificação da Pesquisa .....</b>	<b>35</b>
<b>5.2 Revisão da Literatura .....</b>	<b>35</b>
<b>5.3 Subsistemas de Energias Renováveis .....</b>	<b>35</b>
5.3.1 Subsistema de Geração de Energia Solar Fotovoltaica .....	36
5.3.2 Subsistema de Geração de Energia Eólica .....	37
<b>5.4 Subsistemas de Monitoramento de Consumo de Recursos .....</b>	<b>38</b>
5.4.1 Subsistema de Monitoramento do Consumo de Energia.....	38
5.4.2 Subsistema de Monitoramento do Consumo de Água .....	39

<b>5.5 Levantamento de Requisitos do Sistema de Monitoramento I2S</b> .....	40
<b>5.6 Tecnologias Selecionadas</b> .....	41
5.6.1 Protocolo MQTT .....	41
5.6.2 Protocolo ModBus.....	42
5.6.3 JSON (JavaScript Object Notation) .....	43
5.6.4 Linguagem de Desenvolvimento Node-Red .....	43
5.6.5 Software SCADA .....	44
5.6.6 Tecnologia Wi-Fi para Comunicação de Dados.....	45
5.6.7 Determinação dos Locais para Instalação dos Medidores Eletrônicos de Vazão de Água. ....	46
5.6.8 Determinação dos Locais para Instalação dos Medidores Eletrônicos de Consumo de Energia.....	46
<b>6. DESENVOLVIMENTO</b> .....	<b>47</b>
<b>6.1 Tópicos MQTT</b> .....	47
<b>6.2 Endereços dos Registradores no Barramento ModBus</b> .....	48
<b>6.3 Extratores de Dados dos Dispositivos envolvidos na Arquitetura I2S</b> .....	50
6.3.1 Extrator de Dados dos Inversores Solar Fotovoltaicos .....	50
6.3.2 Extrator de Dados dos Inversores Eólicos.....	51
6.3.3 Extrator de Dados dos Medidores Eletrônicos de Vazão de Água.....	53
6.3.4 Extrator de Dados dos Medidores Eletrônicos de Consumo de Energia.....	54
<b>6.4 Arquitetura Lógica da Comunicação I2S</b> .....	55
<b>6.5 Arquitetura Física da Comunicação I2S</b> .....	58
<b>6.6 Aquisições de Materiais dos Subsistemas de Consumo de Recursos: Medidores de     Água e de Energia</b> .....	60
<b>6.7 Implantação dos Subsistemas de Consumo de Recursos</b> .....	60
6.7.1 Instalação dos Medidores Eletrônicos de Vazão de Água .....	60
6.7.2 Instalação dos Medidores Eletrônicos de Consumo de Energia.....	62

<b>6.8 Adequações da Cobertura Wi-Fi para Atender aos Dispositivos Envolvidos na Arquitetura I2S .....</b>	<b>63</b>
6.8.1 Análise Detalhada por Perfil de Conectividade dos Dispositivos Envolvidos na Arquitetura I2S .....	64
<b>6.9 Desenvolvimento do Sistema de Monitoramento I2S .....</b>	<b>67</b>
<b>7. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>74</b>
<b>8. CONCLUSÃO.....</b>	<b>86</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>88</b>
<b>APÊNDICE A – ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA .....</b>	<b>93</b>
<b>APÊNDICE B – ENDEREÇOS DOS REGISTRADORES NO BARRAMENTO MODBUS.....</b>	<b>100</b>
<b>APÊNDICE C – LISTA E LEVANTAMENTO DO CUSTO DOS MATERIAIS UTILIZADOS NOS MEDIDORES ELETRÔNICOS DE CONSUMO DE ENERGIA E DOS MEDIDORES ELETRÔNICOS DE VAZÃO DE ÁGUA.....</b>	<b>110</b>

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Contextualização

Atualmente, é crescente a demanda por tecnologias sustentáveis e a utilização consciente de recursos como água e energia, além da constante busca por alternativas que reduzam o desperdício e estimulem o consumo consciente (Derek e Clements-Croome, 2011).

O consumo de água, um recurso essencial para o ser humano, dobrou em relação ao crescimento populacional global no último século e o consumo de energia cresce na mesma proporção (USA, 2012). A Organização das Nações Unidas (ONU) projeta que a população mundial chegue aos 8,5 bilhões em 2030 (Raftery, Alkema e Gerland, 2014). Por isso, a dependência de recursos essenciais para sobrevivência do ser humano, os quais estão cada vez mais escassos, devido a demanda exigida pela sociedade contemporânea e da que está por vir; provocam discussões sobre a utilização consciente destes recursos e novas formas de promover o desenvolvimento sustentável. Diante deste preocupante cenário, a implementação de ambientes inteligentes: como as casas inteligentes, os prédios inteligentes, os campus inteligentes e as cidades inteligentes são importantes, pois contribuem na utilização e na gestão eficiente de recursos, como água e energia.

Um campus inteligente é um misto de iniciativas de áreas diversas, dentre elas destacam-se infraestrutura (Bandara *et al.*, 2016), governança (Sun, Zhou e Li, 2016) e educação (Hwang, 2014), tendo como foco a qualidade de vida das pessoas, a fim de promover o desenvolvimento sustentável (Catã, 2015).

O conceito de campus inteligente compartilha os paradigmas de prédios inteligentes, porque busca atender as expectativas dos seus ocupantes, promovendo a sustentabilidade em termos de consumo de água e energia e gestão de resíduos (Sastra e Wiharta, 2016), além de compartilhar o paradigma das cidades inteligentes, que buscam cada vez mais, garantir nas relações das pessoas com o ambiente, a melhoria da qualidade de vida e o consumo racional dos recursos (Mattoni *et al.*, 2016) e dentro do paradigma tecnológico da Internet das Coisas, que promove inteligência, através da integração de dispositivos que visam tornar o ambiente amigável, eficiente e sustentável (Alghamdi e Shetty, 2016).

Através da implementação de uma arquitetura de campus inteligente e sustentável, contida no projeto Integração e Inteligência para a Sustentabilidade (I2S), é possível monitorar

os dados referentes a geração de energia renovável (solar fotovoltaica e eólica), e o consumo de água e a energia dessa forma, a gestão de recursos do Polo de Inovação do Instituto Federal Fluminense é realizada através da adoção de tecnologias e medidas eco eficientes que visam transformar dados em informações relevantes, para análise de pontos de melhoria ou possíveis gargalos na utilização dos recursos. O objetivo da implementação da arquitetura do campus inteligente sustentável é tornar a infraestrutura do Polo de Inovação do Instituto Federal Fluminense um modelo a ser seguido na promoção de iniciativas que promovam a sustentabilidade no que diz respeito a gestão e otimização de recursos.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Geral**

O presente trabalho de pesquisa e desenvolvimento, delimita-se a implementar uma arquitetura de um campus inteligente e sustentável, contida no projeto Integração e Inteligência para a Sustentabilidade (I2S), que foca na infraestrutura, sua inteligência é baseada na sustentabilidade para tornar o Polo de Inovação do Instituto Federal Fluminense um modelo na busca pelo desenvolvimento sustentável.

### **1.2.2 Específicos**

- i. Integrar os subsistemas que envolvam a geração de energias renováveis (solar fotovoltaica e a eólica), além dos subsistemas de consumo de recursos: água e energia;
- ii. Realizar a aquisição dos materiais necessários para o desenvolvimento e montagem dos dispositivos envolvidos nos subsistemas de consumo de recursos (medidores de água e energia);
- iii. Determinar os locais adequados, preparar a infraestrutura e instalar os dispositivos envolvidos nos subsistemas de consumo de recursos (medidores de água e de energia);
- iv. Disponibilizar os dados de forma organizada e intuitiva, através de um sistema de monitoramento responsivo e de tempo real, que apresente a geração de energias renováveis (solar fotovoltaica e eólica) e o consumo de recursos (água e energia) com informações consolidadas e gráficos para análise de pontos de melhoria ou possíveis gargalos na utilização dos recursos.

## **1.3. Justificativa**

Devido à crescente escassez de recursos naturais e às pressões sobre o meio ambiente impostas pela crescente população humana, a dimensão ambiental é cada vez mais reconhecida como uma base para a sustentabilidade (Vos, 2007). A gestão racional desses recursos é fundamental para a manutenção da qualidade de vida (Alves e Alves, 2015). Devido a este preocupante cenário, a implementação de ambientes inteligentes é importância para garantir a utilização eficiente desses recursos. Por isso, é crescente a demanda por tecnologias sustentáveis e a constante busca por alternativas que reduzam o desperdício e estimule o consumo consciente (Clements-Croome, 2011).

Uma das principais características de um campus inteligente é adaptar-se rapidamente, reagindo às mudanças, com o objetivo de atender as demandas dos usuários e à diversidade de inteligência incorporada nos sistemas que o suportam, a fim de garantir o desenvolvimento sustentável (Muhamad *et al.*, 2017).

A implementação do campus inteligente, foca em infraestrutura para promover sustentabilidade e tem como um dos objetivos o balanço zero da água e energia. Isto significa produzir toda energia que é consumida, além de controlar e monitorar toda a água que é captada e tratada a fim de promover uma gestão eficiente desses recursos.

Para atingir os objetivos geral e específicos delimitados neste trabalho, são necessários os subsistemas de energias renováveis, compostos por geração de energia solar fotovoltaica e eólica, capazes de fornecer dados que possam auxiliar na análise do que é produzido, além dos subsistemas de consumo de energia e de água, capazes de fornecer dados para auxiliar na análise do consumo de recursos. Tais subsistemas estão disponíveis na arquitetura do I2S e a sua implementação foi realizada no Polo de Inovação do Instituto Federal Fluminense.

O Polo de Inovação do Instituto Federal Fluminense foi o local escolhido para implementação da arquitetura do campus inteligente sustentável, por atender às demandas ambientais e de sustentabilidade, desde a sua criação em 22 de outubro de 2007, quando então era conhecido como Unidade de Pesquisa e Extensão Agroambiental (UPEA), através de projetos de pesquisas que promoviam o desenvolvimento sustentável e a gestão consciente de recursos hídricos e energéticos empregando processos inovadores.

## **1.4 Estrutura do Trabalho**

O presente trabalho está estruturado em 8 (oito) capítulos, distribuídos da seguinte forma:

- a) **Capítulo 1:** Apresenta uma contextualização do tema abordado, os objetivos e a justificativa do trabalho;
- b) **Capítulo 2:** Compreende a revisão bibliográfica, feita a partir dos principais assuntos e conceitos aderentes ao tema da pesquisa;
- c) **Capítulo 3:** Apresenta a visão geral do Polo de Inovação do Instituto Federal Fluminense, local onde será desenvolvido este trabalho;
- d) **Capítulo 4:** Apresenta a visão geral do projeto Integração e Inteligência para Sustentabilidade – (I2S);
- e) **Capítulo 5:** Apresenta os materiais e os procedimentos metodológicos utilizados no trabalho;
- f) **Capítulo 6:** Apresenta as atividades desenvolvidas para alcançar os objetivos do trabalho;
- g) **Capítulo 7:** Apresenta os resultados e discussões;
- h) **Capítulo 8:** Apresenta a conclusão.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura, tem por finalidade obter informações sobre a situação atual do tema através do levantamento da produção científica disponível, estabelecendo um referencial teórico para dar suporte ao desenvolvimento da pesquisa

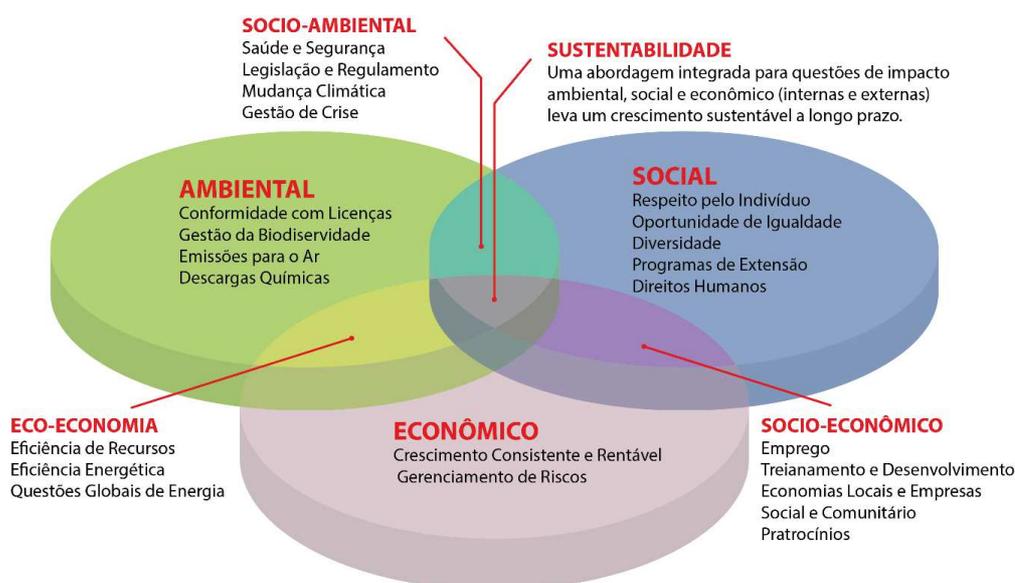
### 2.1 Sustentabilidade

A sustentabilidade diz respeito às escolhas sobre as formas de produção, consumo, habitação, comunicação, alimentação, transporte e também nos relacionamentos entre as pessoas e delas com o ambiente (Purvis, Mao e Robinson, 2018).

Purvis, Mao e Robinson, (2018) definem sustentabilidade como um conceito de melhoria da qualidade de vida, permitindo, portanto, que as pessoas vivam em um ambiente saudável e melhorem as condições ambientais, econômicas e sociais para as gerações presentes e futuras.

O conceito de sustentabilidade pode ser definido através de três pilares: (i) ambiental, (ii) econômico, (iii) social, essa perspectiva vê a sustentabilidade como uma composição compreendida por três dimensões fundamentais e suas interseções (Freimann, Ham e Mijoc, 2014). A Figura 1 apresenta os três pilares da sustentabilidade e suas interseções.

Figura 1 - Pilares da Sustentabilidade e suas interseções



Fonte: Adaptado de Freimann, Ham e Mijoc, (2014)

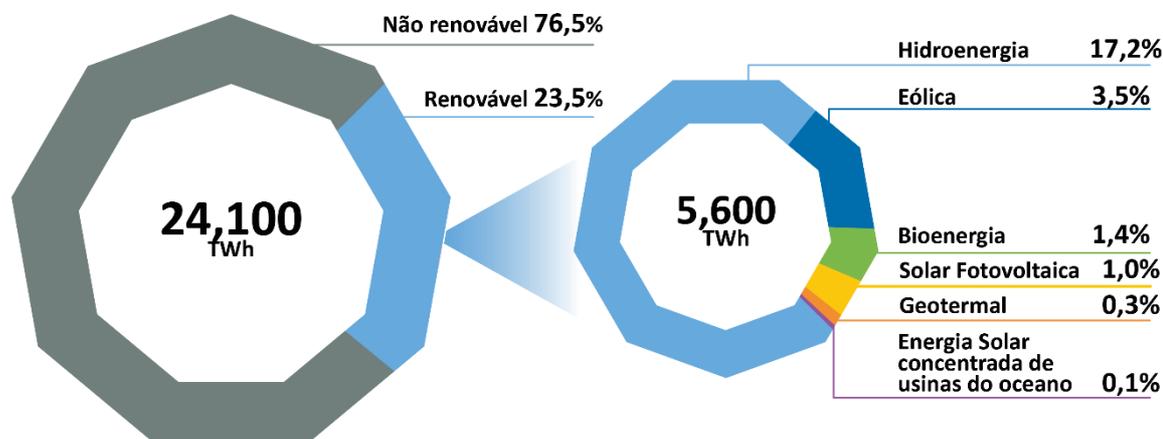
Encontrar o equilíbrio entre o que é socialmente desejável, economicamente viável e ambientalmente correto, é um desafio, que depende da parceria entre comunidade, empresas e governos (Maia e Pires, 2011).

A Organização das Nações Unidas (ONU), definiu dezessete Objetivos de Desenvolvimento Sustentável<sup>1</sup> (ODS), que devem ser implementados por todos os países até 2030.

Nesse contexto, a utilização de energias renováveis é significativamente importante na busca por um futuro sustentável, porque o consumo global de energia está aumentando, enquanto as fontes de energia convencionais não são mais suficientes para atender à demanda de energia, além de ter um custo cada vez mais elevado (Barth e Burandt, 2013).

A Figura 2 apresenta a visão da geração mundial de energia por fonte, onde é possível observar que as gerações renováveis compreendem 23,5% do total das gerações e que as gerações eólicas e solar fotovoltaica juntas, compreendem 4,5% dos 23% de geração renovável, uma porcentagem pequena, mas que tende a crescer.

Figura 2 - Geração mundial de energia por fonte



Fonte: Adaptado de IRENA – International Renewable Agency, Rethinking Energy 2017, IPEA (2018)

Um dos principais compromissos do Brasil no Acordo de Paris, um tratado no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (CQNUMC) aprovado em 12 de dezembro de 2015, é atingir uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética até 2030 (IPEA, 2018).

<sup>1</sup> <https://nacoesunidas.org/conheca-os-novos-17-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-da-onu/amp/>

Neste sentido, algumas organizações não governamentais como a United States Green Building Council (USGBC), promovem e estimulam práticas sustentáveis, através dos programas de certificação LEED<sup>2</sup> (Leadership in Energy and Environmental Design), um sistema internacional de orientações ambientais para edificações utilizado em 143 países, é dividido em cinco subcomitês temáticos: (i) Materiais e Recursos; (ii) Energia e Atmosfera; (iii) Espaço Sustentável-Site; (iv) Qualidade Ambiental Interna; (v) Uso Racional da Água.

A International Federation of Global & Green Information & Communication Technology<sup>3</sup> (IFGICT) é uma instituição sem fins lucrativos, que estimula e promove práticas sustentáveis na área de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), definindo padrões como o Green ICT Standard, e oferecendo certificações profissionais como o Green IT Professional e o Strategic IT Professional. A atuação da IFGICT, está alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) que busca uma ação global com foco nas TIC, visando tornar a adoção destas tecnologias mais sustentável, do ponto de vista ambiental, econômico e social.

Alcançar o desenvolvimento sustentável é, portanto, a questão mais premente do século XXI.

## 2.2 Internet das Coisas (Internet of Things) (IoT)

O conceito de Internet das Coisas, se refere ao paradigma tecnológico no qual as “coisas”, ou seja, objetos físicos do mundo real, como câmeras, sensores e atuadores, estarão conectados e serão capazes de interagir entre si e cooperar com os dispositivos próximos de modo inteligente (Atzori, Iera e Morabito, 2010). Isso será possível, através da internet, tornando o mundo físico e o digital em um só, pelos dispositivos que se comunicam, e consiste em quatro pilares: coisas, pessoas, processos e dados (Buyya e Dastjerdi, 2016).

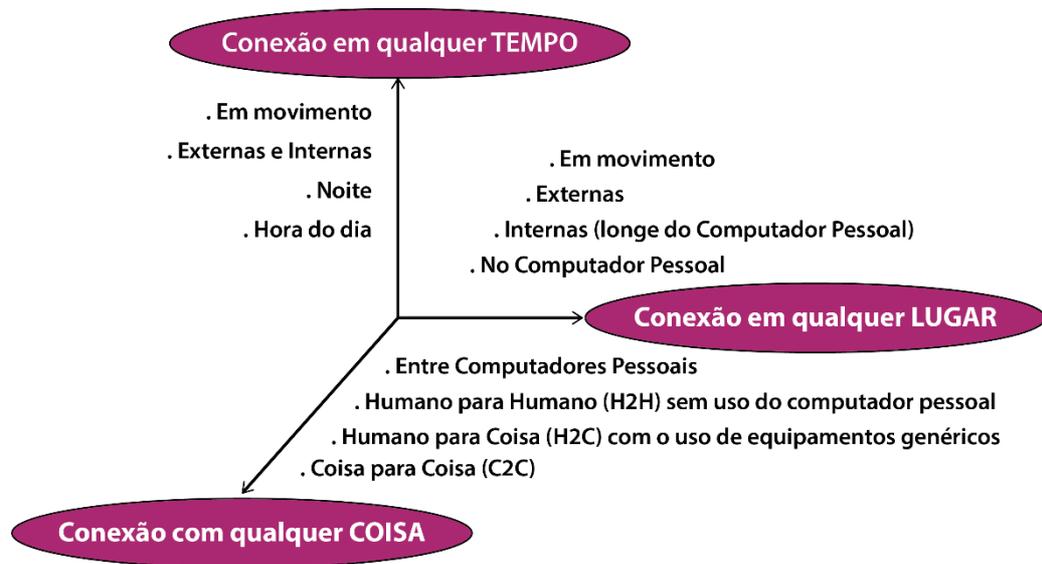
O relatório da ITU de 2015, citado por Galeale *et al.*, (2016) discorre sobre dispositivos e objetos do dia a dia como sensores, transmissores e receptores, que possibilitam novas formas de comunicação entre as pessoas e os objetos e entre objetos e objetos, em qualquer lugar e tempo, e assim descreve, na Figura 3, o paradigma da Internet das Coisas.

---

<sup>2</sup> <https://new.usgbc.org/leed>

<sup>3</sup> <http://ifgict.org>

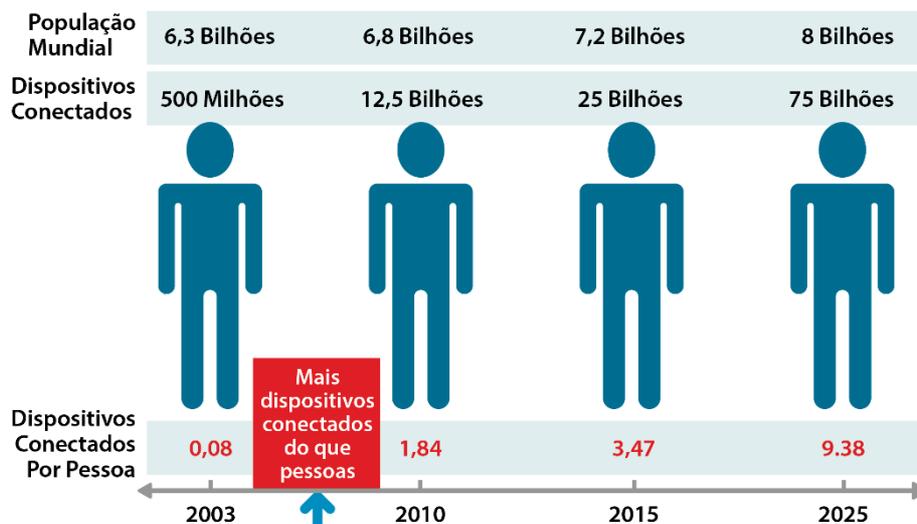
Figura 3 -Paradigma da Internet das Coisas



Fonte: Adaptado de Galeale *et al.*, (2016)

Para Evans, D. (2011) a Internet das Coisas surgiu quando o número coisas e objetos conectados à internet, ultrapassou a quantidade de pessoas conectadas, estima-se que isso ocorreu entre os anos de 2008 e 2009. E num futuro próximo, a previsão é que haverá mais de 75 bilhões de dispositivos, conectados à internet até 2025 (Khanna e Kaur, 2019). A Figura 4 apresenta a cronologia inicial e previsão de dispositivos conectados à internet até 2025.

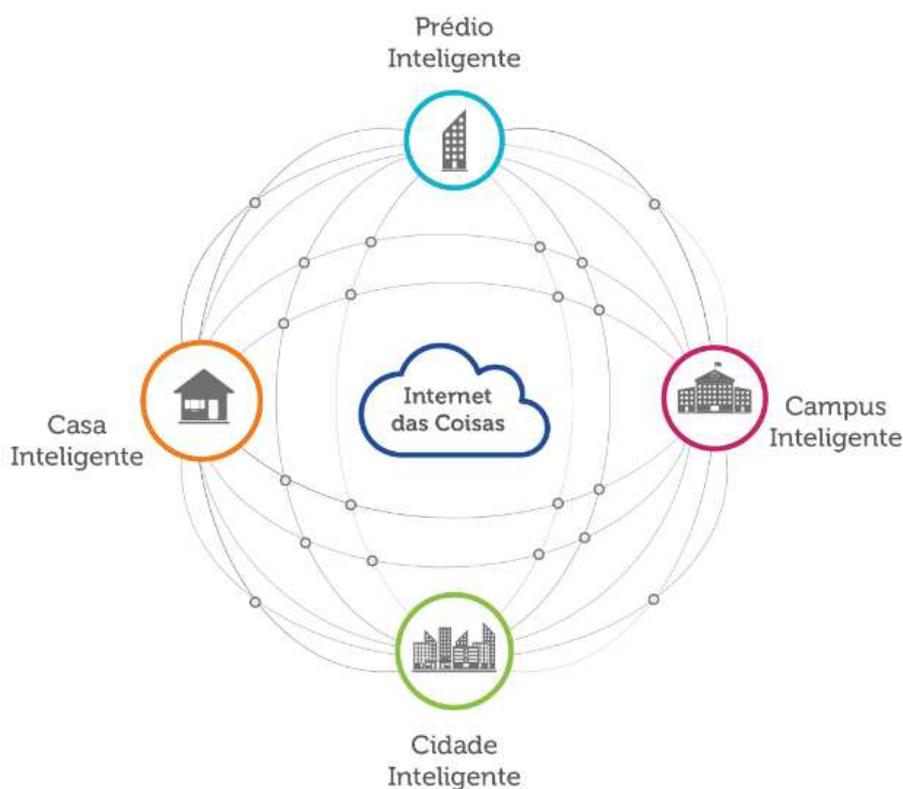
Figura 4 - Cronologia de evolução da Internet das Coisas



Fonte: Adaptado de Evans, D. (2011) e Khanna e Kaur, (2019)

O paradigma da Internet das Coisas, tem o potencial de mudar o mundo, e está presente em diversos ambientes inteligentes, como casas inteligentes (Bal *et al.*, 2011), prédios inteligentes (Lilis *et al.*, 2017), cidades inteligentes (Buyya e Dastjerdi, 2016) e campus inteligentes (Majeed e Ali, 2018), a Figura 5, ilustra a interoperabilidade da internet das coisas em diversos ambientes inteligentes.

Figura 5 -A relação da Internet das Coisas em diversos ambientes inteligentes



Fonte: O autor (2019)

A Internet das Coisas, é sem dúvida uma revolução tecnológica e o Brasil percebeu esse grande potencial, ao instituir o Plano Nacional de Internet das Coisas, por meio do Decreto nº 9.854, de 25 de junho de 2019, com o objetivo de regular e estimular a tecnologia no país.

### 2.3 Prédios Inteligentes (Intelligent Buildings)

Wong e Li (2016) definem prédios inteligentes como aqueles que oferecem um ambiente produtivo e econômico através da otimização de elementos básicos: estrutura, sistemas, serviços, gerenciamento e as inter-relações entre eles, permitindo às organizações alcançarem

seus objetivos de negócios, pois o ambiente onde as pessoas estão é crucialmente importante e afeta a produtividade da organização

No início dos anos 80 as primeiras definições de prédios inteligentes, concentraram-se principalmente no papel das tecnologias com o intuito de maximizar o retorno do investimento como meta do negócio.

As definições iniciais de prédios inteligentes direcionaram seu foco para uso de tecnologia focando apenas na automação das tarefas, mas ao longo dos anos 90 as definições foram aprimoradas e passaram a incluir aspectos sociais, tornando prédios inteligentes organismos complexos e vivos focando no bem-estar das pessoas e na relação com o ambiente.

Ao longo dos últimos anos, o conceito de prédios inteligentes se popularizou adquirindo características como capacidade de aprendizado e o relacionamento entre os ocupantes e o meio ambiente (Ghaffarianhoseini *et al.*, 2016).

Passaram assim, a utilizar dispositivos inteligentes como sensores e medidores que se comunicam uns com os outros, para coletar informações como a energia consumida, a fim de procurar alternativas para se tornarem energeticamente mais eficientes (Lee *et al.*, 2013 e Shin, Song e Eom, 2017).

Dessa forma, prédios inteligentes também podem ser caracterizados como prédios verdes ou "*green buildings*", que levam em conta o desempenho dos prédios com base na nova concepção de "prédios sustentáveis", ou seja, leva em conta a eficiência energética, arquitetura bioclimática, uso racional da água, materiais sustentáveis, conforto no ambiente construído, processos e tecnologias construtivas sustentáveis, gestão de resíduos de obra e resíduos gerados na operação do edifício e responsabilidade social (Coelho e Cruz, 2017 e Clements-Croome, 2000).

Ao redor do mundo, vários prédios podem ser considerados inteligentes, com foco na sustentabilidade. Localizado na Califórnia em Moffett Field nos Estados Unidos da América, o NASA Sustainability Base, Figura 6.

Figura 6 - NASA Sustainability Base



Fonte: Coelho e Cruz, (2017)

Este prédio, possui o certificado com selo LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), criado pelo United States Green Building Council (USGBC) em 1993, com o intuito de promover e fomentar práticas de construções sustentáveis. Este certificado é concedido aos prédios que se preocupam com o impacto gerado ao meio ambiente. E o Nasa Sustainability Base, atua no sentido de aumentar a eficiência energética e o uso de energia renovável, através da adoção de 2000 sensores, que geram dados em tempo real produzindo estudos sob demanda (Coelho e Cruz, 2017), além de conservar e proteger os recursos hídricos através da eficiência, reutilização e gestão de águas pluviais (Michael *et al.*, 2011).

No Brasil, localizado em Cuiabá no Mato Grosso, destaque para o prédio inteligente do Centro Sebrae de Sustentabilidade (CSS). Sua arquitetura, leva em consideração as condições climáticas, utilizando os recursos disponíveis na natureza (sol, vegetação, chuva e o vento) para minimizar os impactos ambientais e reduzir o consumo energético. Devido à forte incidência solar na região, foram implantadas duas micros usinas de geração solar fotovoltaica (45 kW e 75 kW), tornando o Centro Sebrae de Sustentabilidade um exemplo no uso de energia solar para os pequenos negócios (Ribeiro *et al.*, 2018). A Figura 7, apresenta o prédio inteligente do Centro Sebrae de Sustentabilidade.

Figura 7 - Centro Sebrae de Sustentabilidade (CSS)



Fonte: Ribeiro *et al.*, (2018)

Os prédios inteligentes, foram os precursores do conceito de ambientes inteligentes e ao mesmo tempo, compõem ambientes inteligentes mais abrangentes, como os campus inteligentes e as cidades inteligentes.

## 2.4 Cidades Inteligentes (Smart Cities)

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), a população mundial crescerá em mais de 2 bilhões de pessoas nos próximos 40 anos, ultrapassando 9 bilhões de habitantes, e mais de 65% deles viverão em cidades (ONU, 2014). Diante deste fato, nas cidades inteligentes buscase cada vez mais, garantir nas relações das pessoas com o ambiente a melhoria da qualidade de vida e consumo racional dos recursos.

O International Telecommunication Union Focus Group on Smart Sustainable Cities (ITU- FG-SSC), define cidade inteligente como uma cidade inovadora, que utiliza e faz uso de tecnologias para melhorar a qualidade de vida e a eficiência na gestão de serviços urbanos, garantindo competitividade e assegurando que as necessidades das gerações presentes e futuras sejam atendidas, respeitando aspectos econômicos, sociais e ambientais (Bai *et al.*, 2010).

Cidades inteligentes envolvem sistemas complexos, que são construídos através de uma quantidade crescente de dados oriundos de múltiplos sensores, da sinergia da tecnologia da Internet das Coisas, para alcançar o desenvolvimento urbano sustentável (Vidiasova, Kachurina e Cronemberger, 2017).

Para Adamkó (2018) o conceito de cidade inteligente, está relacionado a uma tendência em integrar múltiplas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) e Internet das Coisas (IoT), esse conceito carrega conotações positivas ao defender um ambiente inteligente, através da integração de dispositivos que visam tornar o ambiente urbano amigável, eficiente e sustentável.

Cidade Inteligente é, portanto, multidimensional, pois contém inúmeros subtemas como urbanismo inteligente, economia inteligente, energia inteligente, mobilidade inteligente além de saúde inteligente (Cocchia, 2014) e utiliza a internet das coisas, para melhorar a experiência de vida das pessoas em ambientes urbanos do século XXI (Su, Li e Fu (2011).

Dessa forma, a necessidade de tornar cidades existentes, mais eficientes em termos de gestão de recursos (hídricos e energéticos), além da construção de novas cidades sustentáveis está em ascensão. Ao redor do mundo, cidades inteligentes estão em construção.

Songdo International Business District (SIBD), localizada na Coréia do Sul é um projeto ambicioso de cidade inteligente em execução, Figura 8.

Figura 8 - Songdo International Business District (Songdo SIBD)



Fonte: (SONGDO SIBD, 2018)

Sua execução foi iniciada em 2001, e é um dos muitos projetos em andamento de cidades inteligentes em todo mundo. Considerada um organismo vivo, sua estrutura contém sensores integrados que monitoram e regulam tudo, desde o consumo de energia, temperatura até o tráfego. Além disso, possui um sistema de eliminação de resíduos eficaz, onde cada resíduo é automaticamente classificado e desodorizado nos centros de processamento. Parte do resíduo doméstico será usado para produzir energia, através desses e vários processos o Songdo International Business District, busca o desenvolvimento urbano sustentável (Kolotouchkina e

Seisdedos, 2018). Tecnologia desempenha um papel fundamental na conectividade urbana (Rugkhapan e Murray, 2019).

Assim como nos prédios inteligentes, nas cidades inteligentes busca-se o desenvolvimento sustentável, através da automatização e a utilização de tecnologias que fazem uso de um sistema de sensores integrados, para realizar monitoramento da energia, água, geração de resíduos etc, porém de forma mais abrangente.

## **2.5 Campus Inteligente (Smart Campus)**

Campus Inteligente (smart campus) é um organismo vivo multidimensional, que está em constante processo de evolução, por isso não há um padrão usado para o desenvolvimento do conceito e sua implementação, pois compartilha o paradigma de prédios inteligentes, cidades inteligentes e internet das coisas.

Segundo Mattoni *et al.*, (2016) um campus inteligente tem semelhanças com as cidades inteligentes, as quais se baseiam em seis eixos inteligentes definidos por: governança, pessoas, economia, meio ambiente, vida e mobilidade e na adoção de tecnologias da informação e comunicação (TIC) aliado à IoT. Apesar das diferenças de dimensão e do tipo de estruturas o modelo de cidades inteligentes pode ser adaptado para um campus inteligente, para suportar os diferentes usuários (alunos, funcionários e visitantes) realizando várias tarefas em um ambiente multifuncional, como um campus inteligente.

A pesquisa de Adamkó (2018) corrobora a afirmação de que um campus inteligente compartilha o paradigma das cidades inteligentes, pois assim como em uma cidade inteligente, um campus inteligente busca integrar múltiplas TIC e IoT de maneira segura para gerenciar seus ativos, através da utilização de sensores para detecção e captação de dados e redes sem fio para conectividade, com objetivo de melhorar a eficiência dos serviços e proporcionar a qualidade de vida para pessoas.

Wang (2014) em seu trabalho, relata que um campus inteligente é uma aplicação moderna no paradigma da Internet das Coisas, e apresenta a arquitetura baseada na IoT para a construção do campus sustentável, com o objetivo de mitigar o desperdício de energia no uso dos computadores e condicionadores de ar, através da adoção de uma rede de sensores, que buscam integrar os dados para uma gestão eficiente dos recursos.

De Angelis *et. al.*, (2015) propõe a implementação do Brescia smart campus, localizado na Itália, que visa buscar um equilíbrio energético entre geração e consumo através da produção de energia renovável, por meio da utilização de módulos fotovoltaicos com super capacitores e adoção de tecnologias para realizar monitoramento inteligente do consumo e análise de energia por edifício, e para o campus como um todo.

Em seu trabalho Xiong (2016), define um campus inteligente, como um ambiente integrado de trabalho, estudo e vida no campus. E relata que a construção de campus inteligentes nas universidades é uma tendência, devido à necessidade atual de tornar o ambiente universitário sensível à necessidade dos seus utilizados e pela busca cada vez maior por práticas sustentáveis. Para dessa forma, garantir harmonia com o meio ambiente e destaca que o rápido desenvolvimento de tecnologias como big data, IoT e computação em nuvem (cloud computing), como ferramentas importantes para obter análises e insights que levam as melhores decisões e ações estratégicas no campus.

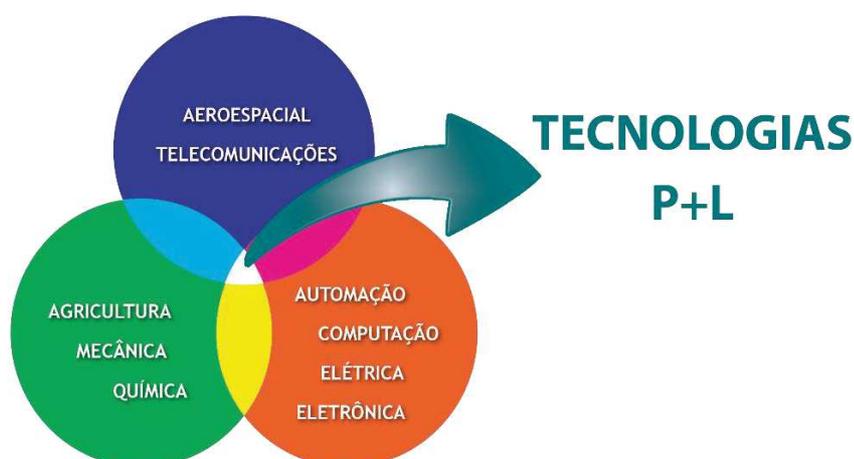
Para NG *et. al.*, (2010), um campus inteligente é um ecossistema de conhecimento, composto por diversas áreas de inteligência e destaca seis áreas principais: (i) inteligência baseada no aprendizado, que utiliza a tecnologia para otimizar o conhecimento de forma colaborativa; (ii) inteligência baseada na gestão da infraestrutura, que utiliza a tecnologia para automatizar suas instalações no que diz respeito ao controle de acesso, controle de temperatura, de luzes, etc; (iii) inteligência social, que foca no aspecto social do campus, no que diz respeito aos alunos e seus interesses e sentimentos; (iv) inteligência baseada na governança, que foca no desempenho organizacional, melhoria de processos; (v) inteligência baseada na sustentabilidade, que foca na utilização de tecnologias para garantir a eficiência energética, a gestão de resíduos de água, redução de CO<sup>2</sup>, etc; (vi) inteligência baseada na saúde, que busca monitorar a saúde do campus como um todo.

### 3. O POLO DE INOVAÇÃO DO INSTITUTO FEDERAL FLUMINENSE

Em 22 de outubro de 2007 a Unidade de Pesquisa e Extensão Agroambiental (UPEA), iniciou suas atividades no atendimento às demandas ambientais e de sustentabilidade da região do norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro, em parceria com prefeituras municipais e representações comunitárias. E ao longo dos anos, desenvolveu projetos de pesquisa e extensão tecnológica. No ano de 2015, através da chamada pública da EMBRAPPII Associação Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial, criada pelo Ministério da Educação Ciência e Tecnologia e o Ministério da Educação, com o objetivo de estimular e promover o desenvolvimento da inovação tecnológica na indústria nacional, credenciou a UPEA como Polo EMBRAPPII IF. Seu funcionamento como Polo de Inovação do Instituto Federal Fluminense, foi autorizado através da portaria do MEC nº 819 de 13 de agosto de 2015, publicada em 17 de agosto do mesmo ano, no diário oficial da união.

O Polo de Inovação, atua na área de Tecnologias para a Produção Mais Limpa (P+L)<sup>4</sup>, a fim de desenvolver soluções para processos industriais e agroindustriais que visam o uso racional de materiais, recursos naturais e energia, bem como da minimização dos impactos ambientais, com aplicações em: (i) Eficiência Energética e Fontes Renováveis de Energia, (ii) Redução, Tratamento e Reaproveitamento de Resíduos, (iii) Uso Racional de Recursos Hídricos. Para desenvolver soluções inovadoras para a sustentabilidade, o Polo de Inovação combina suas competências transversais apresentadas na Figura 9.

Figura 9 - Competências transversais do Polo de Inovação



Fonte: Polo de Inovação (2018)

<sup>4</sup> Tecnologias para a Produção Mais Limpa (P+L) é compreendida como uma iniciativa de proteção ambiental preventiva, adotada nos ciclos produtivos da indústria e agroindústria através de tecnologias para minimizar os desperdícios e as emissões e maximizar a produção

O Polo de Inovação, dispõe de uma área de aproximadamente 6.400m<sup>2</sup>, Figura 10, seus prédios foram projetados para aproveitar ao máximo a luz e a ventilação natural. Suas instalações contêm diversos laboratórios, que reutilizam componentes eletrônicos e outros materiais com o objetivo de promover a economia circular. Através dessas e outras medidas eco eficientes, como a substituição dos aparelhos de ar condicionado de classe E para a classe A com selo Procel<sup>5</sup> (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica); substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas LED<sup>6</sup> (Light Emitting Diodes); aquisição de equipamentos de TIC (computadores, monitores etc) com baixo consumo de energia.

Figura 10 - Polo de Inovação do Instituto Federal Fluminense



Fonte: O autor (2019)

Sua competência na área de inovação para sustentabilidade já foi reconhecida pela UNESCO-UNEVOC, com foco em práticas promissoras<sup>7</sup>, segundo a UNESCO a educação ou a transmissão, aquisição, criação e adaptação de informação, conhecimento, habilidades e valores, é uma alavanca chave do desenvolvimento sustentável. Além disso, recentemente sua competência na área de inovação para sustentabilidade, também foi reconhecida pela CEPAL<sup>8</sup>/ONU (Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe, uma das cinco comissões regionais da Organização das Nações Unidas). O Polo de Inovação está continuamente evoluindo na gestão de recursos, para promover a inovação nas fronteiras das áreas de conhecimento, através de práticas eco eficientes.

<sup>5</sup> <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID=%7B88A19AD9-04C6-43FC-BA2E-99B27EF54632%7D>

<sup>6</sup> <http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/cartilhas/lampada-led/lampadaled.pdf>

<sup>7</sup> <https://unevoc.unesco.org/go.php?q=TVET+Promising+Practices+Database+-+Introduction>

<sup>8</sup> <https://nacoesunidas.org/agencia/cepal/>

#### **4. INTEGRAÇÃO E INTELIGÊNCIA PARA A SUSTENTABILIDADE - (I2S)**

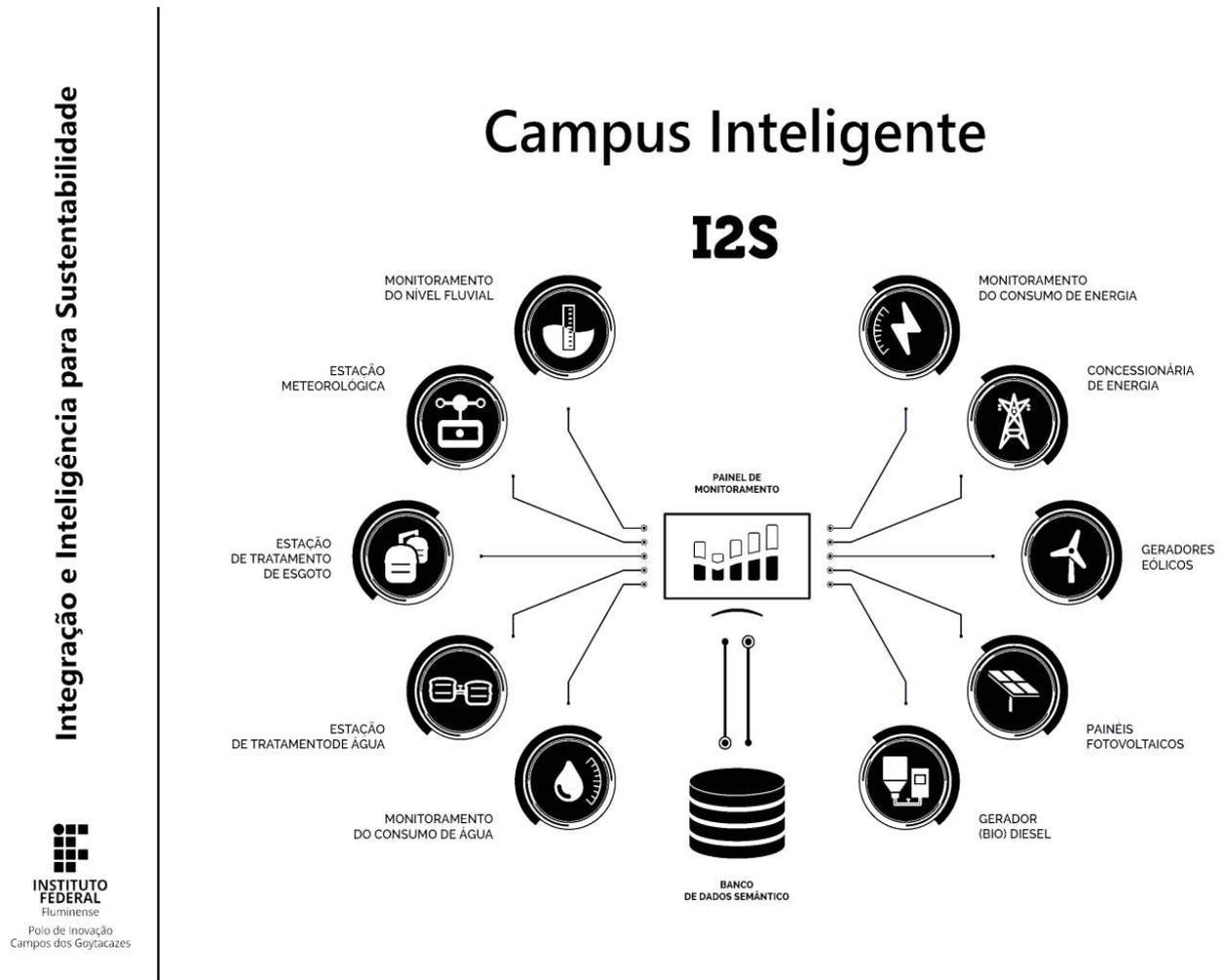
O projeto Integração e Inteligência para a Sustentabilidade (I2S), foi submetido através da chamada pública MCTIC/Finep/FNDCT/AT – Apoio Institucional – 03/2016. Com o objetivo de obter apoio financeiro do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT). Este fundo foi criado em 1969 tendo como meta, financiar a inovação e o desenvolvimento científico e tecnológico com vistas a promover o desenvolvimento econômico e social do país. A gestão e operacionalização do fundo é compartilhada entre o Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep). Em 2017 a Finep disponibilizou o recurso no valor de R\$ 345.000,00 gerenciado pela Fundação de Apoio à Educação, Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico Fluminense (PRÓ-IFF), a fim de realizar a gestão financeira, relacionada a aquisição dos materiais necessários para desenvolvimento do projeto.

A arquitetura do campus inteligente sustentável, contida no projeto I2S, utiliza a inteligência baseada na sustentabilidade e foca na utilização de tecnologias para garantir a eficiência energética e hídrica, a partir do conceito da integração dos dados e informações dos diferentes subsistemas. A infraestrutura dos subsistemas é a base para coletar os dados e então identificar padrões e realizar o controle inteligente do campus.

O I2S é composto por dez subsistemas: (i) Monitoramento do consumo de energia; (ii) Concessionária de energia; (iii) Geradores eólicos; (iv) Painéis fotovoltaicos; (v) Gerador biodiesel; (vi) Monitoramento do consumo de água; (vii) Estação de tratamento de água, (viii) Estação de tratamento de esgoto, (ix) Estação meteorológica, (x) Monitoramento do nível fluvial. Cada subsistema é um subprojeto do I2S e foi instrumentado e automatizado de acordo com os seus responsáveis.

No núcleo do I2S há uma rede de medidores inteligentes, que foram conectados aos principais ramos de consumo de água e energia, bem como a todos os elementos de geração de energia (eólica e solar fotovoltaica) e de tratamento de água (Estação de Tratamento de Água). Somando as informações de geração, captação e consumo é possível saber em tempo real e de maneira detalhada como o campus se comporta em termos de aproveitamento de recursos naturais, através do sistema de monitoramento. A Figura 11, apresenta a visão geral dos subsistemas do I2S.

Figura 11 - Visão do geral dos subsistemas do I2S



Fonte: Ribeiro *et al.*, (2017)

Os subsistemas que estão incluídos no escopo deste trabalho são: (i) Geradores eólicos (ii) Painéis fotovoltaicos; (iii) Monitoramento do consumo de energia; (iv) Monitoramento do consumo de água.

## **5. MATERIAIS E MÉTODOS**

Este capítulo apresenta os recursos que foram utilizados para atingir os objetivos geral e específicos do trabalho.

### **5.1 Classificação da Pesquisa**

De acordo com a classificação proposta por Ramos, Ramos, & Busnello, (2003), do ponto de vista da sua natureza, este trabalho é classificado como uma pesquisa aplicada, pois busca-se o entendimento de um problema específico, com intuito de gerar conhecimentos para aplicação prática.

Do ponto de vista dos objetivos, a presente pesquisa pode ser classificada como exploratória, uma vez que busca estudar e entender as necessidades específicas de um determinado problema, neste caso a implementação da arquitetura de um campus inteligente sustentável, propiciando a construção de hipóteses e maior familiaridade com o assunto abordado para solução do problema (Gil, 2008).

### **5.2 Revisão da Literatura**

A revisão da literatura, tem por finalidade obter informações sobre a situação atual do tema, através do levantamento da produção científica disponível, estabelecendo um referencial teórico para dar suporte ao desenvolvimento da pesquisa. Para tal, foram realizadas consultas na base Scopus do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) para conhecer aspectos que já foram abordados e publicações existentes sobre os temas: sustentabilidade, Internet das Coisas (IoT), prédios inteligentes (smart buildings), cidades inteligentes (smart cities), e campus inteligente (smart campus), como embasamento para o interesse dos objetivos geral e específicos.

### **5.3 Subsistemas de Energias Renováveis**

Os subsistemas de energias renováveis são compostos por subsistemas híbridos de geração de energia, a partir de fontes renováveis, a solar fotovoltaica e a como a eólica. Estes dois subsistemas se complementam, pois, o pico de geração eólica ocorre durante o entardecer e a noite, complementando a geração solar que ocorre somente durante o dia.

### 5.3.1 Subsistema de Geração de Energia Solar Fotovoltaica

O subsistema de geração de energia solar fotovoltaica é composto por dispositivos utilizados para converter a energia da luz do sol em energia elétrica, e contém 5 (cinco) sistemas do modelo CS6P 255Wp, da fabricante Canadian Solar, cuja potência nominal de saída é de 5kWp cada, totalizando uma potência fotovoltaica instalada de 25kWp (Watt-pico), que é a unidade utilizada para comparar o desempenho de instalações solares fotovoltaicas e prever a quantidade de eletricidade que pode ser produzida sob condições ótimas.

Cada um dos cinco sistemas é composto por 20 (vinte) módulos de 255Wp (Watt-pico), num total 100 (cem) módulos, que se encontram instalados em dois locais do Polo de Inovação do Instituto Federal Fluminense. A Figura 14 apresenta os 4 (quatro) primeiros sistemas fotovoltaicos, que são compostos por 4 (quatro) módulos cada um, com 20 (vinte) células e que se encontram distribuídos no telhado do bloco B. E no telhado do Laboratório de Hidrologia, ao fundo Figura 12.

Figura 12 - Painéis fotovoltaicos instalados no Polo de Inovação



Fonte: O autor (2019)

O sistema fotovoltaico possui ainda sensores para medição de radiação por célula de referência, temperatura de placa e de ambiente em cada um dos cinco sistemas de geração. Além disso o sistema fotovoltaico é composto por cinco inversores da Fronius do modelo Primo 5.0-1 Figura 13, que possuem comunicação sem fio, WI-FI: 802.11 b/g/n.

Figura 13 - Inversores da Fronius instalados no Polo de Inovação



Fonte: O autor (2019)

### 5.3.2 Subsistema de Geração de Energia Eólica

O subsistema de geração de energia eólica, Figura 14 é composto por 3 (três) geradores eólicos ou turbinas de eixo vertical do modelo Razec 266, que possui a rotação nominal de 180 rpm, o que proporciona baixo nível de ruído sua tensão de saída é de 24/48/220/400 volts. Cada turbina eólica pode atingir 1,5 quilowatt (kW) de potência com ventos de velocidade nominal de 12,5 m/s. Para que esta energia gerada seja aproveitada ela deve ser conduzida por meio de cabos para uma central onde será condicionada, através de inversores (Enersud, 2019).

Figura 14 - Geradores eólicos instalados no Polo de Inovação



Fonte: O autor (2019)

O subsistema eólico, possui 3 (três) inversores da Ginlong Technologies do modelo GCI-2.5K-2G-W Figura 15, instalados no Polo de Inovação do Instituto Federal Fluminense que possuem saída de 2,5 quilowatt (kW) cada, além de interface de comunicação wifi (Ginlong, 2016).

Figura 15 - Inversores da Ginlong Technologies instalados no Polo de Inovação



Fonte: O autor (2019)

## 5.4 Subsistemas de Monitoramento de Consumo de Recursos

O Subsistema de monitoramento de recursos é dividido em duas partes, onde uma é responsável pelo monitoramento do consumo de energia e a outra parte é responsável pelo monitoramento do consumo de água.

### 5.4.1 Subsistema de Monitoramento do Consumo de Energia

O monitoramento do consumo de energia é realizado através do medidor eletrônico de consumo de energia Figura 16, que fornece dados da corrente, tensão e potência elétricas consumidas no circuito medido. E transmite informações como: potência total ano, mês, dia e instantânea consumidas. O sensor de corrente não invasivo utiliza o range de 0 a 100A (Amperes). Possui comunicação sem fio, WIFI:802.11 b/g/n e a publicação das informações em formato JSON utilizando protocolo MQTT. Este medidor foi projetado e desenvolvido dentro do escopo do I2S no Polo de Inovação.

Figura 16 - Medidor eletrônico de energia



Fonte: O autor (2019)

#### 5.4.2 Subsistema de Monitoramento do Consumo de Água

O monitoramento do consumo de água é realizado pelo medidor eletrônico de vazão de água Figura 17, que fornece dados da vazão instantânea e do volume consumido, através do sensor tipo turbina, que utiliza internamente um sensor tipo hall para converter a velocidade angular do rotor em pulsos elétricos e assim identificar a vazão. Este sensor opera no *range* de 0 a 100 m<sup>3</sup> por minuto, com uma pressão máxima de 2Mpa. O medidor eletrônico de vazão de água possui comunicação sem fio WI FI:802.11 b/g/n e a publicação dos dados em formato JSON, que utiliza o protocolo MQTT. Este medidor foi projetado e desenvolvido dentro do escopo do I2S no Polo de Inovação.

Figura 17 - Medidor eletrônico de vazão de água



Fonte: O autor (2019)

## 5.5 Levantamento de Requisitos do Sistema de Monitoramento I2S

A identificação, ou seja, o levantamento dos requisitos está relacionado a um conjunto de tarefas desempenhadas para definir quais necessidades deverão estar presentes no sistema de monitoramento I2S. Dessa forma, trabalha-se para descobrir as informações sobre o domínio, funcionalidades e suas restrições. Dito isso, tem-se o requisito funcional, que especifica uma função ou comportamento que o sistema deve ser capaz de realizar (Sanni e Jackman, 2005) e o requisito não funcional, que descreve como o sistema deve realizar uma determinada função (Mahmoud e Williams, 2016).

Quadro 1 - Lista de requisitos funcionais do sistema de Monitoramento I2S

RF1:	O sistema de monitoramento I2S deve apresentar as seguintes informações sobre a geração de energia solar: geração instantânea do dia, mês, ano, e o total (desde a sua implantação);
RF2:	O sistema de monitoramento I2S deve apresentar as seguintes informações sobre a geração de energia eólica: geração instantânea do dia, mês, ano, e o total;
RF3:	O sistema de monitoramento I2S deve apresentar o somatório das gerações de energia: solar e eólica;
RF4:	O sistema de monitoramento I2S deve apresentar gráficos de tendência, dos valores instantâneos, diários e mensais referentes consumos de energia por área.
RF5:	O sistema de monitoramento I2S deve apresentar a diferença entre a geração e o consumo de energia.
RF6:	O sistema de monitoramento I2S deve apresentar o rendimento financeiro do dia, mês, ano e total, em relação a geração energética;
RF7:	O sistema de monitoramento I2S deve apresentar o rendimento em toneladas de CO <sub>2</sub> e o número de árvores equivalentes a produção da geração limpa de energia;
RF8:	O sistema de monitoramento I2S deve apresentarem m <sup>3</sup> (metros cúbicos) a quantidade de água tratada pela estação de tratamento de água (ETA);
RF9:	O sistema de monitoramento I2S deve apresentar gráficos de tendência dos valores instantâneos dos consumos de água por área.

Fonte: O autor (2019)

Quadro 2 - Lista de requisitos não funcionais do Sistema de Monitoramento I2S

RNF1:	O sistema de monitoramento I2S deve ser responsivo para uso em desktops e dispositivos mobile através da web;
RNF2:	O sistema de monitoramento I2S deve indicar o estado de funcionamento dos dispositivos no que diz respeito a conectividade, para realização de manutenção quando necessário.

Fonte: O autor (2019)

## 5.6 Tecnologias Selecionadas

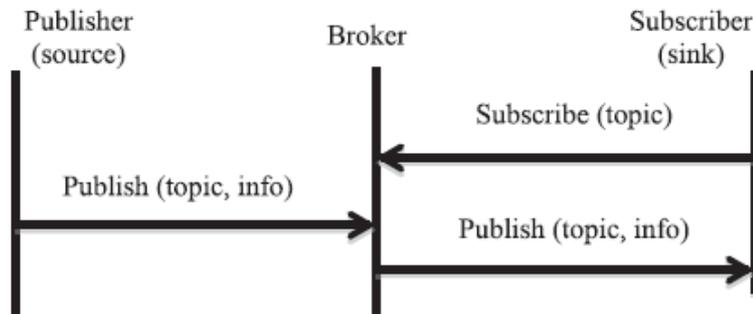
### 5.6.1 Protocolo MQTT

O protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) foi criado pela IBM em 1999. E atualmente é utilizado para coleta de dados e gerenciamento de dispositivos da Internet das Coisas. Utiliza o modelo de mensagens "publish /subscribe" (publicação de mensagem/ assinatura) onde quem fornece as informações contidas nas mensagens é chamado de Publisher (Publicador), e quem utiliza ou lê essas mensagens são chamados de subscribers (Assinantes). As informações contidas nas mensagens são disponibilizadas em tópicos específicos que são organizados hierarquicamente em árvore utilizando-se o caractere "/" como separador de nível (Chouali, Boukerche e Mostefaoui, 2017).

O broker é um intermediário ou servidor, que recebe todas as mensagens e as envia ao seu destino, que podem ser, desde sensores IoT ou até uma aplicação que recebe os dados dos sensores e os processa (Guha Roy *et al.*, 2018). O broker MQTT que será utilizado neste trabalho é o Mosquitto Broker, e foi escolhido para tal, por características como, possuir licenciamento open source (licenciado EPL / EDL), ser leve e de simples instalação e execução.

A Figura 18, apresenta a visão geral do modelo publisher e subscriber utilizando o protocolo MQTT, mostrando ao centro o MQTT Broker, que é responsável por gerenciar as transações recebendo dados dos publishers e disponibilizando aos subscribers.

Figura 18 - Visão geral do modelo Publisher e o Subscriber



Fonte: Al- Fuqaha *et al.*, (2015)

O protocolo MQTT foi escolhido para ser utilizado neste trabalho, por ser um protocolo assíncrono, onde as informações podem ser transmitidas intermitentemente em um fluxo estável, mesmo com muitos dispositivos IoT se comunicando na rede. E por ser leve e flexível, pois se adapta bem em redes de largura de banda limitada e de alta latência.

### 5.6.2 Protocolo ModBus

O protocolo ModBus possui uma estrutura de mensagem aberta, utilizada na comunicação entre dispositivos cliente e servidor. O dispositivo cliente inicia a transação (consulta ou querie) e o servidor responde fornecendo os dados solicitados para o cliente (Peng *et al.*, 2008). A Figura 19, apresenta um quadro de mensagem ModBus, onde a comunicação sempre ocorre em pares.

Figura 19 - Quadro de mensagem ModBus



Fonte: Adaptado de Freitas (2014)

Os endereços dos registradores no barramento ModBus utilizam por padrão, mensagens de dados até 16 bits. Porém para endereçar os dados de 32 bits, referentes aos dados das gerações de energia solar fotovoltaica e de energia eólica, além dos consumos de água e de energia, foi necessário utilizar dois endereços de registradores de 16 bits. Dessa forma, o servidor ModBus lê as duas mensagens de 16 bits como uma unidade de 32 bits, divididas em parte baixa, que utilizará os bits de 0 a 15 e a parte alta que utilizará os bits de 15 a 31 pois, os dados são de 32 bits. O protocolo Modbus foi escolhido, por ser um protocolo aberto e por reduzir o uso de memória, além de ter integração com softwares SCADA<sup>6</sup>.

### 5.6.3 JSON (JavaScript Object Notation)

O JSON é um modelo de troca de dados simples e rápida (parsing) entre sistemas, isto é, propicia a transmissão de informações no formato texto, proporcionando assim um desempenho significativo sobre XML<sup>9</sup> (Extensible Markup Language). O JSON é construído em duas estruturas: uma coleção de pares nome / valor e uma lista ordenada de valores (Nurseitov *et al.*, 2009). Os dados dos medidores eletrônicos de consumo de energia e os dados dos medidores eletrônicos de vazão de água, foram obtidos através do protocolo MQTT e transmitidos em formato JSON. Além disso, os dados da geração solar fotovoltaica, foram enviadas no formato JSON, através da Fronius Solar API<sup>8</sup> ao extrator.

### 5.6.4 Linguagem de Desenvolvimento Node-Red

O Node-Red é uma ferramenta open-source, criada pela IBM Emerging Technology Service, utilizada no desenvolvimento de sistemas voltados para uso de Internet das Coisas (IoT) (Clerissi *et al.*, 2018). No Node-Red os programas são fluxos compostos por uma coleção de nós conectados para trocar mensagens. Na prática os fluxos consistem em uma lista de objetos JavaScript, que descrevem os nós e suas configurações. O ambiente de desenvolvimento do Node-Red é acessado facilmente em qualquer browser. A ferramenta de desenvolvimento Node-Red foi utilizada, no desenvolvimento dos extratores de dados dos inversores solares fotovoltaicos, eólicos, medidores eletrônicos de vazão de água e nos medidores eletrônicos de consumo de energia, envolvidos na arquitetura I2S.

---

<sup>9</sup> XML é uma linguagem de marcação, utilizada para padronizar uma sequência de dados com o objetivo de organizar, separar o conteúdo e integrá-lo com outras linguagens.

### 5.6.5 Software SCADA

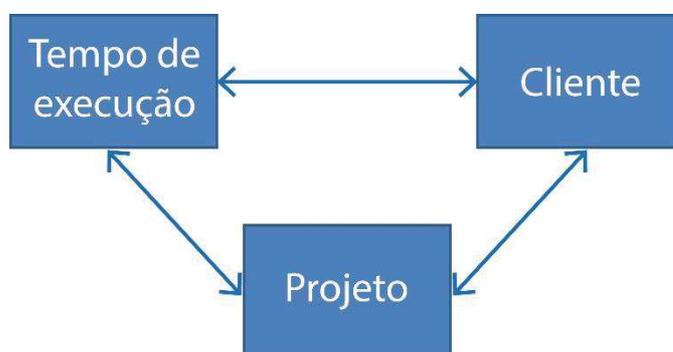
Os softwares SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) utilizam tecnologia de computação e comunicação, onde as informações são coletadas através de equipamentos de aquisição de dados e em seguida, manipuladas, armazenadas e analisadas em tempo real, estes dados são apresentados através de um sistema de alto nível para monitoramento.

Dentre algumas das funções mais utilizadas em softwares SCADA estão:

- i. Geração de gráficos e relatórios com o histórico do processo;
- ii. Detecção de alarmes e registro de eventos em sistemas automatizados;
- iii. Uso de linguagens de script para desenvolvimento.

Os softwares SCADA geralmente possuem três módulos de operação que se relacionam entre si, que podem ser agrupados em uma única interface ou em três interfaces. Os módulos são conhecidos como projeto, tempo de execução e o cliente (Rocha e Scholl, 2015). A Figura 20 apresenta a interação dos módulos de operação de softwares SCADA.

Figura 20 - Módulos de operação de um Software SCADA



Fonte: Adaptado de Rocha e Scholl, 2015

O módulo projeto é utilizado para o desenvolvimento e configuração das aplicações ou sistemas SCADA, que consistem na definição de parâmetros de comunicação, variáveis e criação de telas com widgets que são usados para exibir dados e interagir com o usuário. Sua configuração é armazenada em arquivos, para ser carregada pelos módulos tempo de execução o cliente.

O módulo tempo de execução é o responsável pela troca de dados com o componente de aquisição dados, além de carregar a configuração dos arquivos gerados no módulo projeto; O

módulo cliente exibe a interface da aplicação ou sistema SCADA desenvolvida no módulo com telas e widgets através do browser (Rocha e Scholl, 2015).

Existem vários softwares SCADA disponíveis, porém observou-se que o MySCADA possui as características necessárias para atender aos requisitos do sistema de monitoramento I2S. Características como ser executado em computador ARM de pequeno porte do tipo Raspberry Pi; ser multiplataforma; ser compatível com protocolo ModBus. Além disso, o monitoramento em tempo real do sistema pode ser realizado através de computadores do tipo desktop e dispositivos móveis, como tablets e celulares atendendo assim o requisito de responsividade. Seu ambiente de desenvolvimento conhecido como MyDESIGNER, é rápido e intuitivo e possui um vasto material para consulta.

#### 5.6.6 Tecnologia Wi-Fi para Comunicação de Dados

As tecnologias de comunicação de dados configuram a forma como a transmissão de dados ocorre em uma determinada aplicação. A tecnologia Wi-Fi pode operar em faixas de frequências (2,4 GHz ou 5 GHz) através da implementação de diferentes esquemas de modulação e alcançando uma distância de até 100 m com 54 Mbps. O padrão IEEE 802.11 a/b/g/n estabelece a comunicação Wi-Fi por meio do controle de acesso ao meio (Media Access Control - MAC). As principais vantagens da comunicação Wi-Fi estão na compatibilidade nativa para redes IP, facilitando a construção de redes IoT e uma integração mais simples com redes locais LAN ((Local Area Network). Foram utilizados access points (pontos de acesso) da empresa Ubiquiti Networks do modelo Unifi AP AC, nas versões indoor e outdoor. A Figura 21 apresenta o ponto de acesso Unifi na sua versão indoor. E a Figura 22 apresenta o ponto de acesso Unifi na sua versão outdoor.

Figura 21 – Ponto de acesso Unifi indoor



Fonte: Ubiquiti Networks (2018)

Figura 22- Ponto de acesso Unifi outdoor



Fonte: Ubiquiti Networks (2018)

### 5.6.7 Determinação dos Locais para Instalação dos Medidores Eletrônicos de Vazão de Água.

Após uma análise visual às instalações do Polo de Inovação constatou-se que os locais mais adequados para instalar os medidores eletrônicos de vazão de água foram: a saída da estação de tratamento de água (ETA), as saídas dos reservatórios de armazenamento de água dos blocos A, B e C e na entrada de água da guarita. Para instalar os medidores foi necessário realizar pequenas intervenções nas tubulações, dessa forma, o medidor eletrônico de vazão de água foi instalado com linha de by-pass, que permite remover o sensor do medidor sem comprometer o abastecimento de água em uma eventual manutenção

### 5.6.8 Determinação dos Locais para Instalação dos Medidores Eletrônicos de Consumo de Energia

Foi realizada uma análise visual na infraestrutura elétrica do Polo de Inovação, e verificou-se que os melhores locais para instalação dos medidores eletrônicos de energia são os principais quadros de distribuição, localizados nos blocos A, B e C, na guarita, na oficina e na área externa (cargas fora dos quadros de distribuição dos locais citados). Optou-se por estes locais, devido o medidor eletrônico de consumo de energia ser monofásico, ou seja, para cada quadro de distribuição foi necessário instalar 3 medidores em cada fase. No total foram instalados 20 medidores eletrônicos de energia.

## 6. DESENVOLVIMENTO

Este capítulo apresenta as atividades que foram desenvolvidas para atingir os objetivos especificados neste trabalho.

### 6.1 Tópicos MQTT

Foram criados tópicos para medidores eletrônicos de energia conforme o Quadro 3. A estrutura básica de criação dos tópicos para os medidores eletrônicos de consumo de energia seguiu um padrão, onde cada subtópico foi separado pelo caractere "/" e sua descrição é apresentada a seguir:

- i. Localização física: a primeira parte do tópico, está relacionada a localização física onde foram instalados os medidores de água e de energia;
- ii. Rótulo: segunda parte do tópico, está relacionada aos rótulos utilizados nos dispositivos, que representam os medidores de água (FIT, que vem de Flow Indicator Transmitter) e os medidores de energia (JT, que vem de Jaule Indicator). O Quadro 6 apresenta os tópicos MQTT criados para os medidores eletrônicos de energia.

Quadro 3 - Tópicos MQTT dos medidores eletrônicos de consumo de energia

<b>Tópicos dos medidores de energia</b>
BLOCOA/JT301
BLOCOA/JT302
BLOCOA/JT303
BLOCOB/JT304
BLOCOB/JT305
BLOCOB/JT306
BLOCOB/JT307
BLOCOB/JT308
BLOCOB/JT309
BLOCOC/JT310
BLOCOC/JT311
BLOCOC/JT312
GUARITA/JT313
GUARITA/JT314
EXTERNA/JT315

EXTERNA/JT316
EXTERNA/JT317
OFICINA/JT318
OFICINA /JT319

Fonte: O autor (2019)

Cada tópico apresentado no Quadro 4, contém os dados extraídos dos medidores eletrônicos de energia em formato JSON. Foram realizados testes para validar os dados contidos nos tópicos MQTT. O Quadro x apresenta consulta ao tópico BLOCOA/JT301.

Quadro 4 - Consulta aos dados do tópico MQTT BLOCOA/JT301

```
crsea@crsea-ThinkCentre:~/Área de Trabalho$ mosquitto_sub -h 10.80.0.80 -u [REDACTED] -P [REDACTED] -t BLOCOA/JT301
{"Pot_Inst":1.81,"Pot_Dia":26.50,"Pot_Mes":107.89,"Pot_Ano":197.19,"Pot_Total":197.19,"Corrente":15.2,"Tensao":119.5"
ADO","Unidade":"NAO CONECTADO","Presenca":"NAO CONECTADO","Topico":"BLOCOA/JT301"}
```

Fonte: O Mosquitto Broker MQTT (2019)

Os tópicos dos medidores eletrônicos de vazão de água, seguiu o mesmo padrão de criação dos medidores eletrônicos de energia, porém com um terceiro subtópico, que representa o ID do medidor eletrônico de água. O Quadro 5 apresenta os tópicos dos medidores eletrônicos de água.

Quadro 5 - Tópicos MQTT dos medidores eletrônicos vazão de água

<b>Tópicos dos medidores de água</b>
BLOCOA/ FIT101/ b5aab700
BLOCOB/ FIT102/ 8eadb700
BLOCOC/ FIT103/ 39abb700
GUARITA/ FIT104/ 4faab700
ETA/ FIT105/ 7aadb700

Fonte: O autor (2019)

## 6.2 Endereços dos Registradores no Barramento ModBus

O Barramento ModBus é representado pelo servidor ModBus. Por isso, criadas faixas de endereços dos registradores no barramento ModBus, para endereçar os dados de 32 bits, divididos em parte alta e parte baixa, referentes aos dados das gerações de energia solar

fotovoltaica e de energia eólica, e dos consumos de água e de energia. O Quadro 6 apresenta a faixa de endereços dos registradores no barramento ModBus. Uma lista completa dos endereços pode ser consultada no apêndice B.

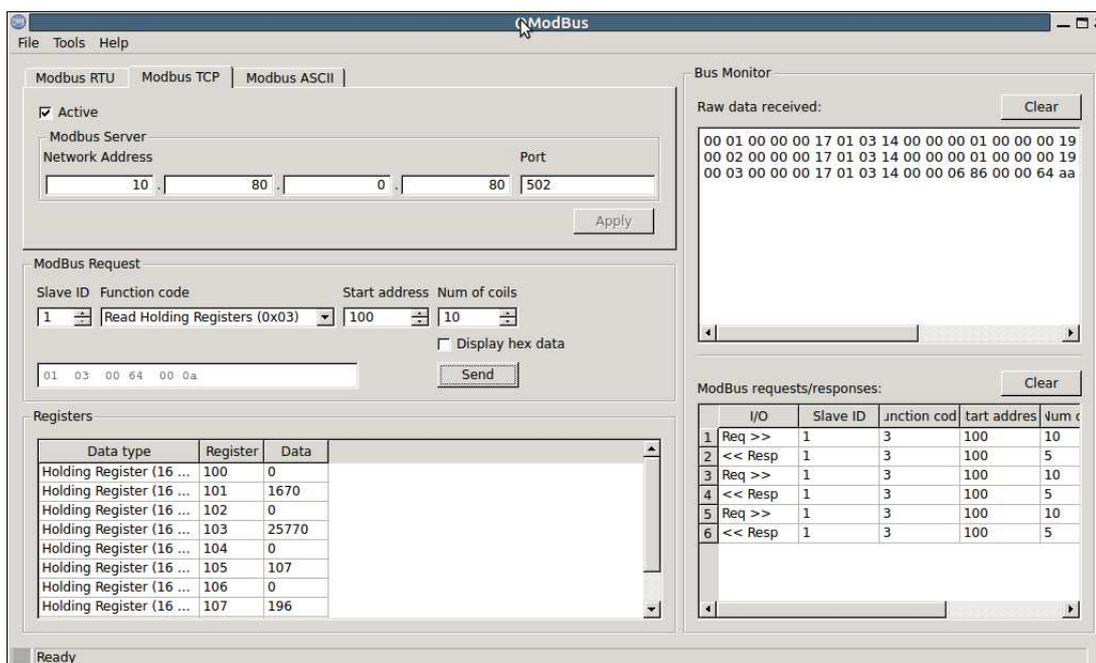
Quadro 6 - Faixa de endereços dos registradores no barramento ModBus

<b>Faixa End. Modbus</b>	<b>Destino</b>
0 – 49	Inversores da geração solar fotovoltaicos (Fronius)
50 – 99	Inversores da geração eólico (Ginlong)
100 – 199	Medidores eletrônicos de energia
200 – 219	Valor instantâneo e totalizado dos medidores eletrônicos de água
220 – 269	Valores da vazão totalizada, dia, mês e ano dos medidores eletrônicos de água
300 – 399	Cálculos do rendimento, economia e outros
400 – 499	Conectividade e diagnósticos dos dispositivos

Fonte: O autor (2019)

Foram realizados testes com o software QModBus para validar os dados contidos no barramento ModBus, com seus respectivos endereços de registradores. O QModBus possui um monitor de barramento para examinar todo o tráfego no barramento ModBus e que é apresentada, através de uma interface gráfica. Os parâmetros inseridos no QModBus e que são apresentados na Figura 23, é interpretado da seguinte forma: “Consulte no barramento (servidor ModBus) cujo endereço IP é o: 10.80.0.80 e escuta na porta TCP 502, os 10 endereços dos registradores Modbus, onde o endereço inicial do registrador é o cem (100). Foram retornados os dados no barramento ModBus, referentes aos consumos de energia registrados nos medidores eletrônicos de consumo de energia denominado JT301. Este teste foi realizado com todos os endereços dos registradores.

Figura 23 - Validação dos dados de consumo de energia no barramento ModBus



Fonte: QModBus O autor (2019)

## 6.3 Extratores de Dados dos Dispositivos envolvidos na Arquitetura I2S

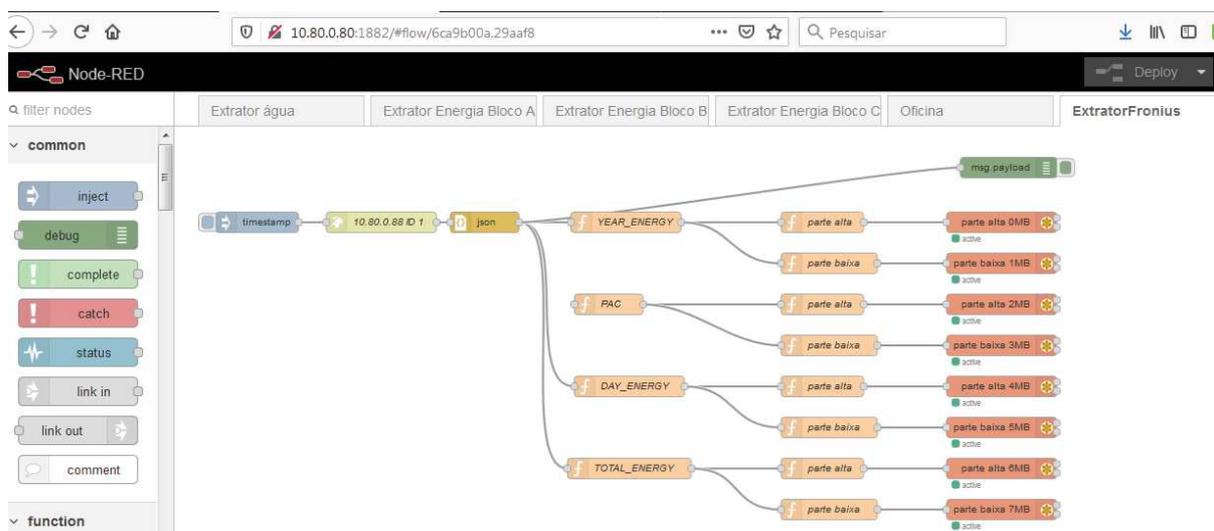
Foram desenvolvidos extratores de dados para os dispositivos envolvidos na arquitetura I2S (inversores solares fotovoltaicos e eólicos, medidores eletrônicos de vazão de água e medidores eletrônicos de consumo de energia)

### 6.3.1 Extrator de Dados dos Inversores Solar Fotovoltaicos

Para extrair os dados de geração de cada um dos cinco inversores Fronius Primo 5.0-1, utilizou-se a funcionalidade da Fronius Solar API JSON<sup>10</sup>, aliada a ferramenta de desenvolvimento em fluxo conhecida como Node-Red. O desenvolvimento do extrator de dados utilizou a identificação do Id device e o IP de cada inversor solar fotovoltaicos. A Figura 24 apresenta um fragmento do código em fluxos do Node-Red relacionado ao extrator de dados dos inversores solar fotovoltaicos.

<sup>10</sup> A Fronius Solar API JSON utiliza o modelo de transmissão de informações no formato texto, através de requisições via HTTP disponibilizada pelo fabricante.  
<https://www.fronius.com/en/photovoltaics/products/all-products/system-monitoring/open-interfaces/fronius-solar-api-json->

Figura 24 - Fragmento do código em fluxos do Node-Red (Extrator de dados dos inversores solar fotovoltaicos)



Fonte: Node-Red O autor (2019)

O Quadro 7 apresenta os tipos de dados extraídos pelo extrator de dados dos inversores solares fotovoltaicos.

Quadro 7 - Tipos de dados extraídos dos inversores solares fotovoltaicos

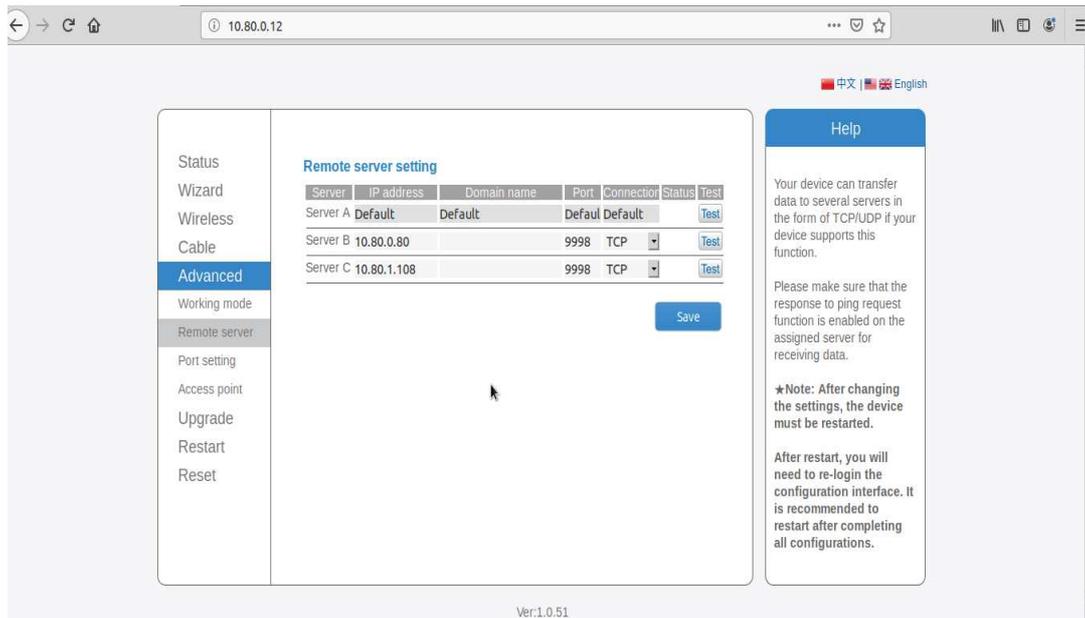
Tipos de Dados	Descrição
PAC	Valor instantâneo da energia gerada em W
DAY_ENERGY	Valor totalizado da energia gerada durante o dia em Wh
YEAR_ENERGY	Valor totalizado da energia gerada no ano em Wh
TOTAL ENERGY	Valor totalizado de energia gerada durante o ano Wh

Fonte: O autor (2019)

### 6.3.2 Extrator de Dados dos Inversores Eólicos

A partir da análise do parco manual do inversor da Ginlong Technologies do modelo GCI-2.5K-2G-W, conectado aos geradores eólicos, verificou-se que os inversores publicam dados em porta TCP e IP definido em interface web embarcada Figura 25.

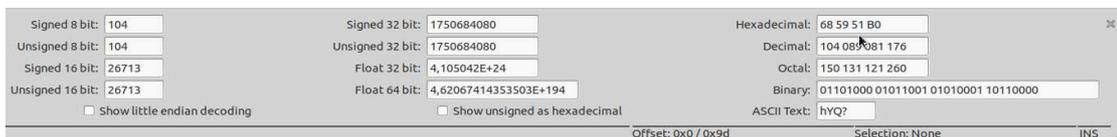
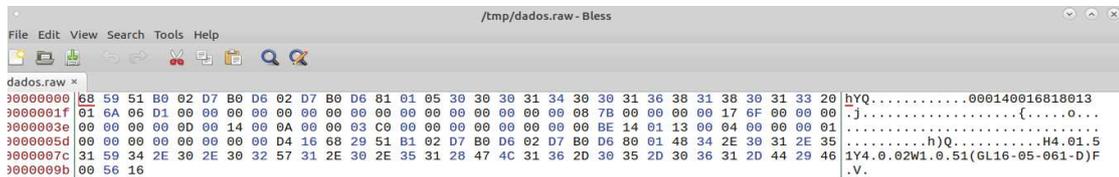
Figura 25 - Interface web embarcada no inversor eólico da Ginlong Technologies



Fonte: Inversor da Ginlong Technologies modelo GCI-2.5K-2G-W (2019)

A interface do inversor da Ginlong Technologies é ativa e envia uma sequência de bytes em intervalos regulares. Figura 26.

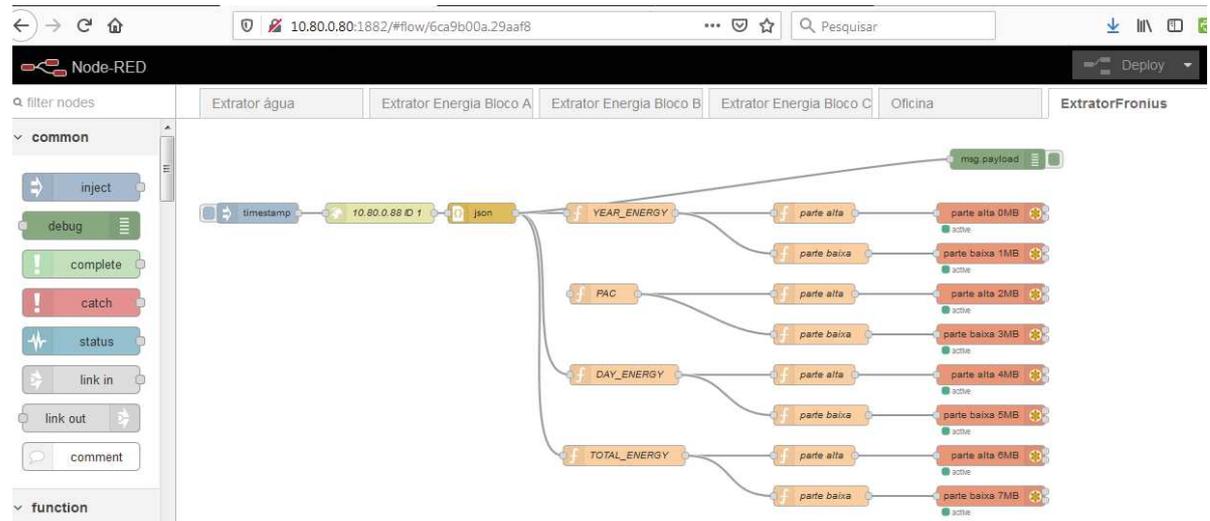
Figura 26 - Sequência de dados dos inversores eólicos da Ginlong



Fonte: Inversor da Ginlong Technologies modelo GCI-2.5K-2G-W (2019)

O extrator de dados foi desenvolvido em fluxos no Nod-Red, que captura a sequência de dados enviadas a partir dos inversores eólicos da Ginlong. A Figura 27 apresenta o fragmento do código em fluxo do Node-Red, referente ao extrator de dados dos inversores eólicos.

Figura 27 - Fragmento do código em fluxos do Node-Red (extrator de dados dos inversores eólicos)



Fonte: Node-Red O autor (2019)

O Quadro 8, apresenta os tipos de dados extraídos dos inversores eólicos.

Quadro 8 - Tipo de dados extraídos dos inversores eólicos Ginlong

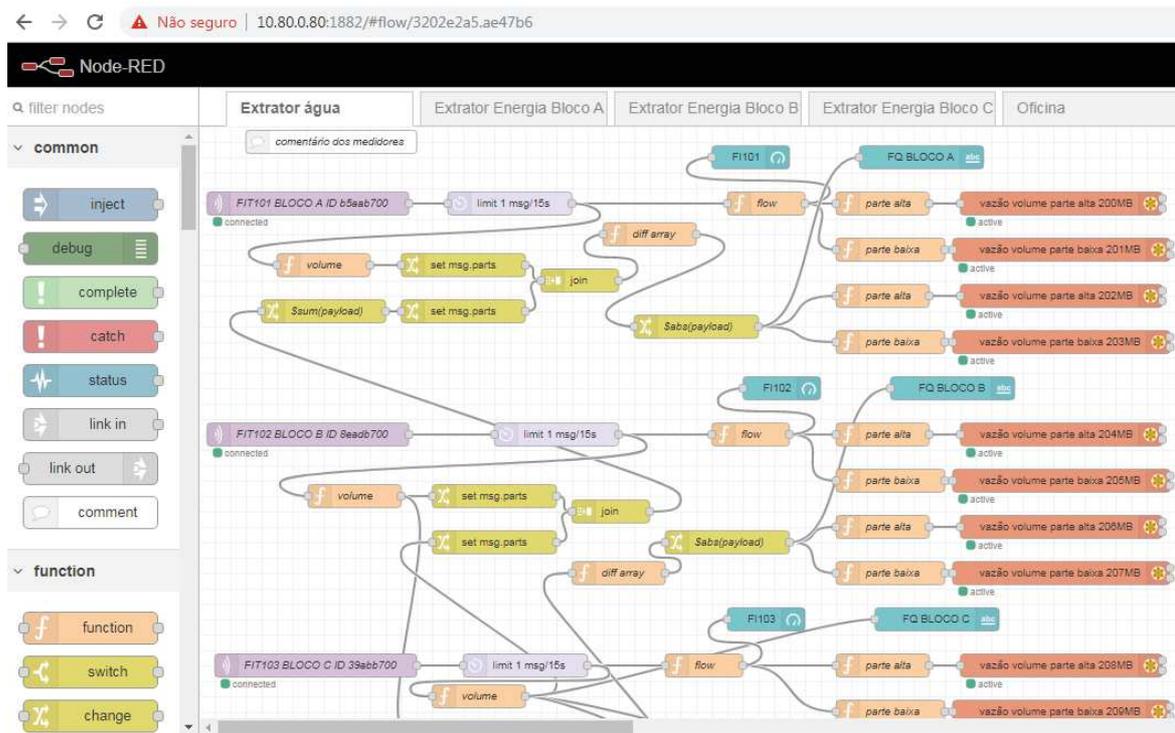
Tipo de Dados	Descrição
PAC	Valor instantâneo da energia gerada em W
DAY_ENERGY	Valor totalizado da energia gerada durante o dia em Wh
YEAR_ENERGY	Valor totalizado da energia gerada no ano em Wh
TOTAL ENERGY	Valor totalizado de energia gerada durante o ano Wh

Fonte: O autor (2019)

### 6.3.3 Extrator de Dados dos Medidores Eletrônicos de Vazão de Água

O extrator de dados dos medidores eletrônicos de vazão de água, também foi desenvolvido no Node-Red. A Figura 28 apresenta um fragmento do código em fluxo do Node-Red, referente ao extrator dos medidores eletrônicos de vazão de água.

Figura 28 - Fragmento dos fluxos do Node-Red (extrator de dados dos medidores eletrônicos de vazão de água)



Fonte: Node-Red O autor (2019)

Os tipos de dados extraídos dos medidores eletrônicos de vazão de água podem ser visualizados no Quadro 9.

Quadro 9 - Tipo de dados extraídos dos medidores eletrônicos de vazão de água

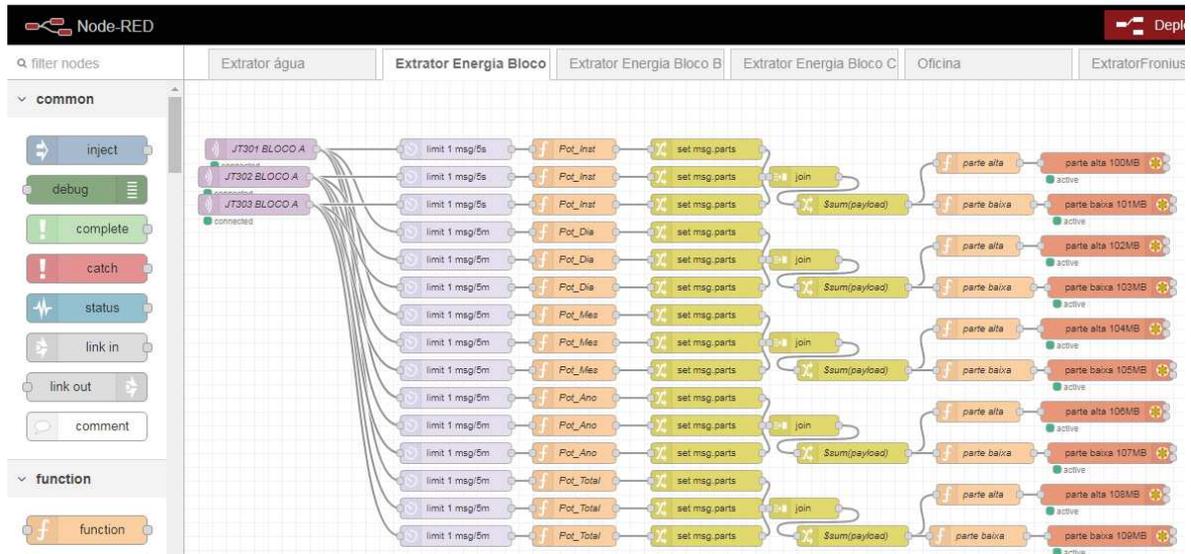
Tipo de Dados	Descrição
VAZAO_INST	Valor instantâneo da vazão em m <sup>3</sup>
VAZAO_DAY	Valor totalizado da vazão no dia em m <sup>3</sup>
VAZAO_MONTH	Valor totalizado da vazão no mês em m <sup>3</sup>
VAZAO_YEAR	Valor totalizado da vazão no ano em m <sup>3</sup>

Fonte: O autor (2019)

### 6.3.4 Extrator de Dados dos Medidores Eletrônicos de Consumo de Energia

O extrator de dados dos medidores eletrônicos de consumo de energia, também foi desenvolvido no Node-Red. A Figura 29 apresenta o código em fluxos criados no Node-Red.

Figura 29 - Fragmento do código em fluxos do Node-Red (Extrator de dados dos medidores elet.de energia)



Fonte: Node-Red O autor (2019)

O Quadro 10 apresenta os tipos de dados extraídos dos medidores eletrônicos de consumo de energia.

Quadro 10 - Tipo de dados extraídos dos medidores eletrônicos de energia

Tipo de Dados	Descrição
Pot_Inst	Valor em W referente a energia consumida
Pot_Dia	Valor em W referente a energia consumida durante dia
Pot_Mes	Valor em W referente a energia consumida durante mês
Pot_Ano	Valor em W referente a energia consumida durante o ano
Pot_Total	Valor totalizado em W referente a energia consumida

Fonte: O autor (2019)

## 6.4 Arquitetura Lógica da Comunicação I2S

Para integrar os dados de vários dispositivos em uma rede, é necessário que haja padronização no processo de comunicação, isso é possível através dos protocolos. Protocolos são regras que governam a sincronização e o fluxo dos dados e das informações no processo de comunicação. Foram utilizados os protocolos IP (para endereçar os diversos dispositivos envolvidos na arquitetura lógica de comunicação I2S); MQTT (protocolo padrão utilizado nas comunicações de aplicações com Internet das Coisas); Modbus (protocolo utilizado no endereçamento das mensagens de dados contidas nos registradores do barramento ModBus).

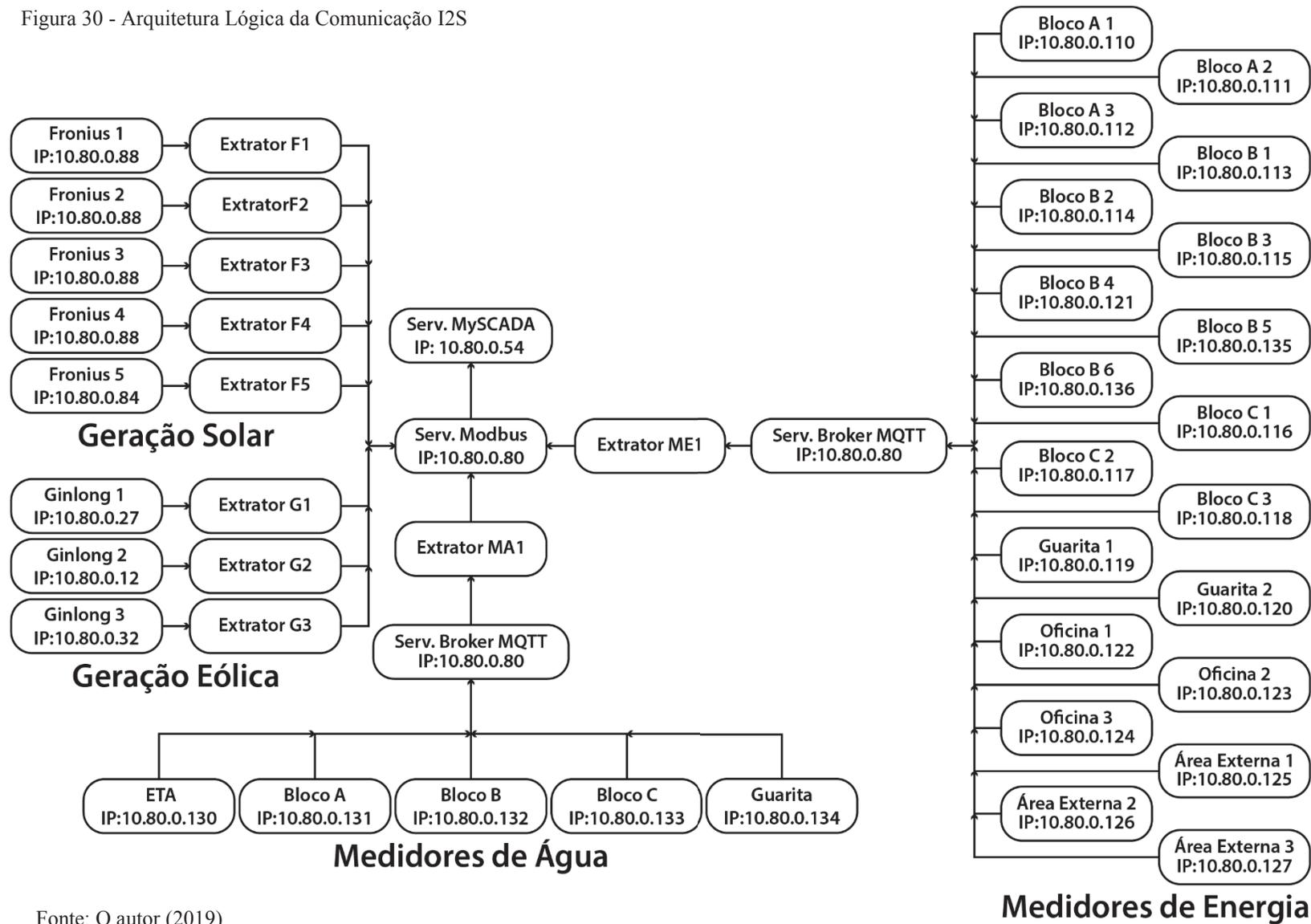
Os elementos envolvidos na arquitetura lógica de comunicação I2S são: (i) Inversores conectados da geração de energia solar fotovoltaica; (ii) Inversores da geração de energia

eólica; (iii) Medidores de água; (iv) Medidores de energia; (v) Extratores da geração solar fotovoltaica; (vi) Extratores da geração eólica; (vii) Extratores dos medidores de energia; (viii) Extratores dos medidores de água; (ix) Servidor Broker MQTT; (x) Servidor Modbus; (xi) Servidor MySCADA.

Os extratores são responsáveis por obter os dados de geração de energia (solar fotovoltaica e eólica), além dos dados do consumo de recursos (água e energia). O Broker MQTT é o elemento responsável, por gerir as publicações e as subscrições do protocolo MQTT. O servidor ModBus representa o barramento ModBus, responsável por gerenciar e armazenar os dados nos endereços dos registradores. O servidor MySCADA é o responsável por organizar os dados e apresentá-los em uma interface responsiva de monitoramento web, através de gráficos, relatórios, etc.

O processo de comunicação e a interação entre os elementos envolvidos na arquitetura de comunicação I2S é apresentada na Figura 30. Os extratores F (1,2,3,4 e 5), obtém os dados da geração solar dos cinco inversores Fronius, no formato JSON, e os disponibiliza ao servidor ModBus, esses dados por sua vez, são encaminhados e armazenados nos endereços dos registradores de 32 bits, que em seguida são mapeados pelo cliente ModBus do MySCADA. Os extratores G (1,2 e 3), obtém os dados da geração eólica, através do servidor embarcado no inversor da Ginlong, e os disponibiliza ao servidor ModBus, esses dados, por sua vez, são encaminhados e armazenados nos endereços dos registradores de 32 bits, que em seguida são mapeados pelo cliente ModBus do MySCADA. Os dados do consumo dos medidores eletrônicos de vazão água, são enviados ao obtidas pelo extrator MA1 e os dados de consumo dos medidores eletrônicos de consumo de energia são obtidos através do extrator ME1, ambos em formato JSON, através do Broker MQTT, que os disponibiliza ao servidor ModBus, esses dados são encaminhados e armazenados nos endereços dos registradores de 32 bits, que em seguida são mapeados pelo cliente ModBus do servidor MySCADA.

Figura 30 - Arquitetura Lógica da Comunicação I2S



Fonte: O autor (2019)

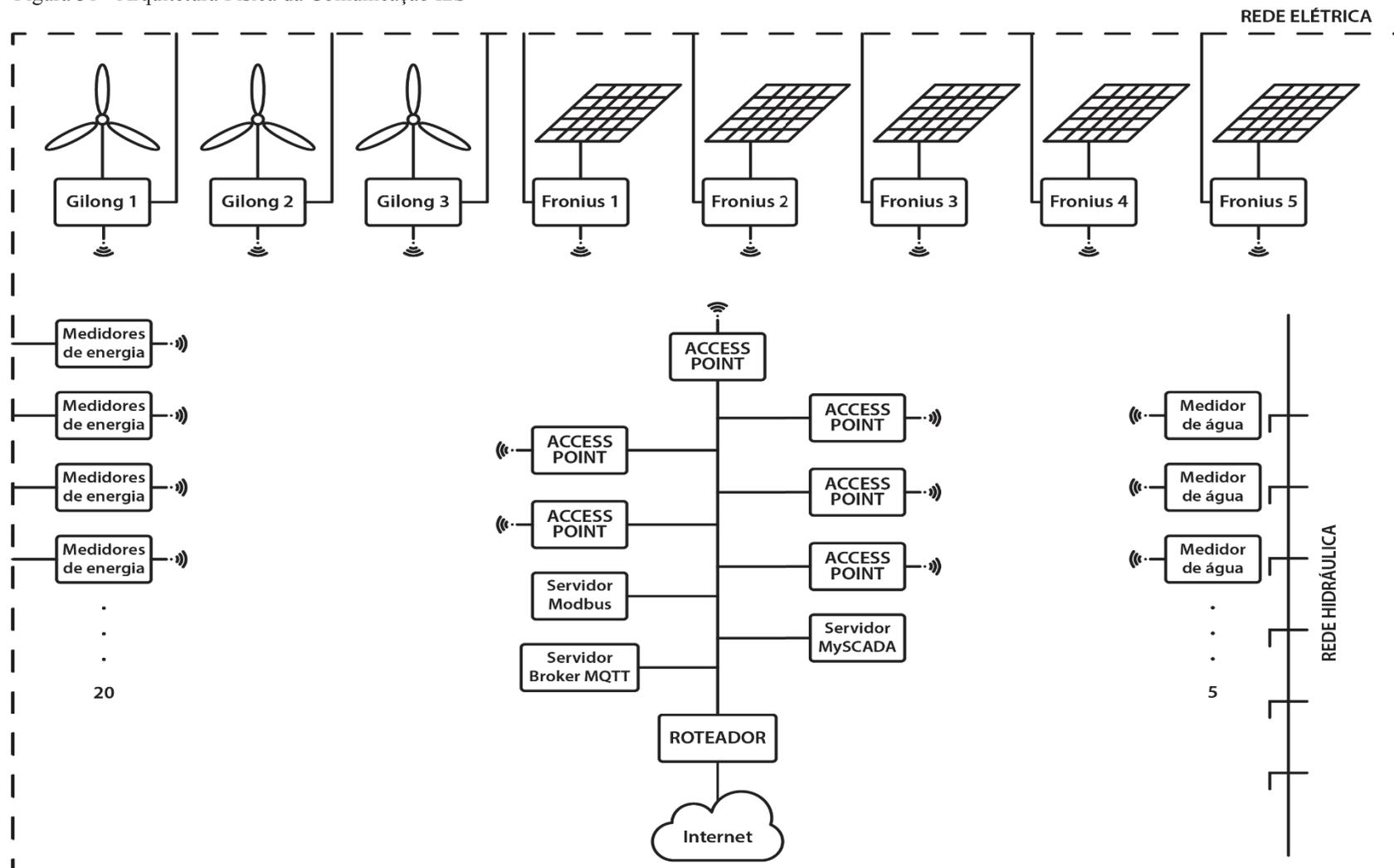
## 6.5 Arquitetura Física da Comunicação I2S

A arquitetura física da comunicação I2S, está relacionada aos dispositivos comunicantes e aos meios físicos, por onde os dados e informações circulam no processo de comunicação. A Figura 31 ilustra a arquitetura de comunicação física do I2S.

O meio físico predominante na arquitetura da comunicação I2S é o sem fio (*Wireless*), em uma WLAN – (*Wireless Local Area Network*). A comunicação sem fio ocorre em uma infraestrutura, que permite a transmissão de dados e informações sem a necessidade do uso de cabos. É baseada no padrão WI-FI:802.11 b/g, que atua na frequência de 2.4 GHz e 5 GHz. Os cinco inversores da Fronius, conectados aos geradores de energia solar fotovoltaica e os três inversores da Ginlogong, conectados aos geradores eólicos, encontra-se na área externa do Polo de Inovação, além disso, os medidores eletrônicos de vazão de água também se encontram na área externa e os medidores de consumo de energia em sua maioria encontram-se instalados nos quadros de distribuição localizados em áreas internas do Polo de Inovação ( blocos A, B e C) e se comunicam exclusivamente pela rede sem fio Wi-fi, por isso, foi necessário disponibilizar pontos de acesso (*access point*), responsáveis por conectar todos os equipamentos sem fio à rede cabeada, onde está a conexão com a Internet. Uma análise no local foi realizada, para encontrar o melhor posicionamento dos pontos de acesso outdoors (externos) e indoors (internos) a fim de atender os dispositivos que utilizam o meio sem fio.

Além disso, o meio cabeado, também chamado de Ethernet, padrão de interconexão para redes locais (*Local Area Network*) que neste caso, atua com Gigabit Ethernet IEEE 802.3 - 1 Gbit/s, compõe esta arquitetura de comunicação. Os elementos conectantes presentes nesta rede é o roteador, que tem o papel de encaminhar os pacotes de internet conforme é solicitado pelos clientes. Os servidores Broker MQTT, ModBus e MySCADA utilizam a rede local, através do meio cabeado para se comunicar com os demais dispositivos envolvidos no processo de comunicação.

Figura 31 - Arquitetura Física da Comunicação I2S



Fonte: O autor (2019)

## 6.6 Aquisições de Materiais dos Subistemas de Consumo de Recursos: Medidores de Água e de Energia

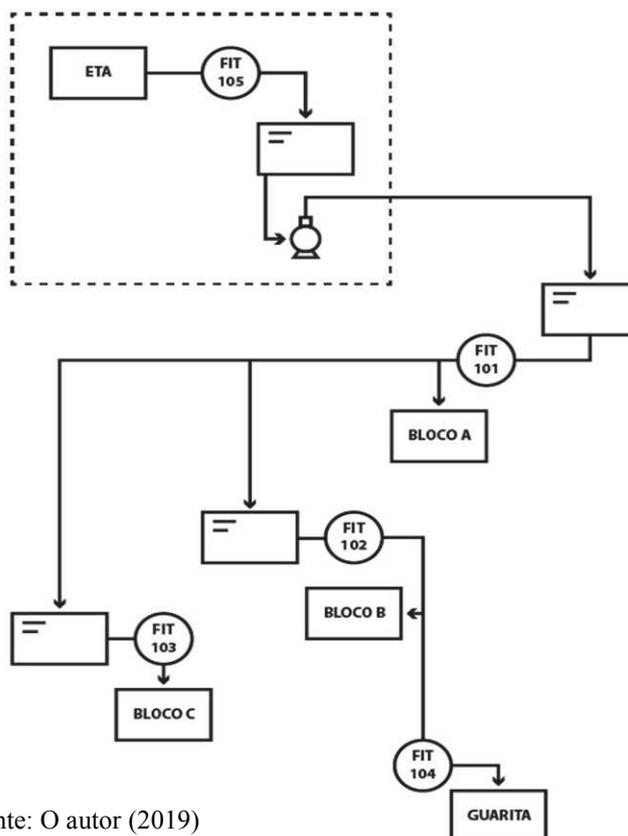
Uma lista dos materiais adquiridos com recursos do projeto I2S financiado pela FINEP, para o desenvolver e projetar os medidores eletrônicos de vazão de água e os medidores eletrônicos de consumo de energia, pode ser visualizada no apêndice C. O desenvolvimento dos medidores não consta do escopo desse trabalho.

## 6.7 Implantação dos Subistemas de Consumo de Recursos

### 6.7.1 Instalação dos Medidores Eletrônicos de Vazão de Água

Os medidores eletrônicos de vazão de água, foram instalados na saída da estação de tratamento de água (ETA) e nas saídas dos reservatórios de armazenamento de água, localizados nos blocos A, B, C e na guarita, conforme a Figura 32. A localização destes medidores foi definida desta forma para identificar macro consumos e possíveis problemas na instalação, como vazamentos.

Figura 32 - Diagrama de localização dos medidores eletrônicos de água instalados no Polo de Inovação



Fonte: O autor (2019)

Como pode ser observado na Figura 32, um dos medidores eletrônicos de água denominado FIT105 foi instalado na saída da Estação de Tratamento de Água (ETA), para que se identifique o volume de água tratada em metros cúbicos (m<sup>3</sup>). Os medidores denominados FIT101, FIT102 e FIT103 foram instalados nas saídas dos reservatórios de água localizados sobre o bloco A, B e C respectivamente. O medidor denominado FIT104 foi instalado na entrada de água da guarita. O Quadro 11 apresenta o resumo do cálculo da vazão de água em m<sup>3</sup>.

Quadro 11 - Resumo do cálculo da vazão de água dos medidores

<b>Local</b>	<b>Obtenção do Consumo</b>
Bloco A	= FIT101-FIT102-FIT103
Bloco B	= FIT102-FIT104
Bloco C	= FIT103
ETA	= FIT105
Guarita	= FIT104

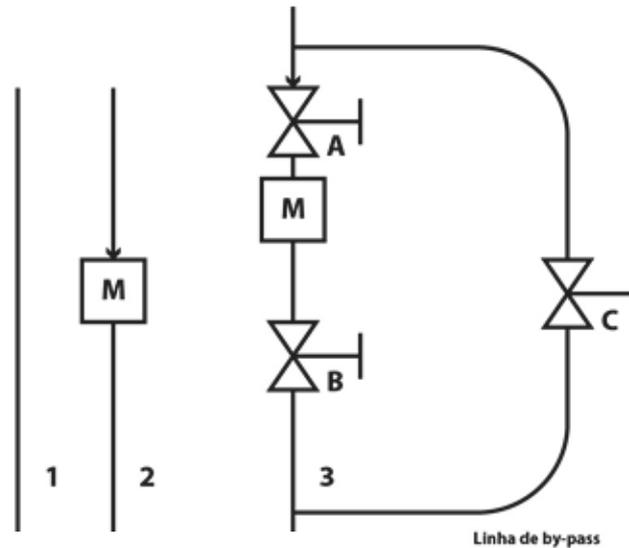
Fonte: O autor (2019)

A vazão (consumo) do bloco A, é obtido através da subtração da vazão dos medidores FIT101, FIT102 e FIT103. A vazão (consumo) do bloco B, é obtido, através da subtração da vazão dos medidores FIT102 e o FIT104. A vazão (consumo) do bloco C é obtido através do medidor FIT103. A vazão (consumo) de água da guarita é obtida através do medidor FIT104.

As instalações dos medidores eletrônicos de vazão de água, necessitaram de intervenções nas tubulações. A Figura 34 apresenta na opção 1 a linha sem o medidor de eletrônico de vazão de água, na opção 2 o medidor eletrônico de vazão de água instalado na linha sem o by-pass e na opção 3 que corresponde ao medidor eletrônico de vazão de água instalado com linha de by-pass.

Durante o projeto optou-se pela opção 3 em detrimento a opção 2. A opção 3, onde o medidor eletrônico de vazão de água foi instalado com linha de by-pass, permite remover o sensor para eventual manutenção, fechando as válvulas A e B, após abrindo a válvula C. Em condições normais de operação as válvulas A e B ficam abertas e a válvula C fechada, permitindo que o fluxo de água passe pelo sensor de vazão.

Figura 34 - Medidor de vazão eletrônico instalado com linha de by-pass

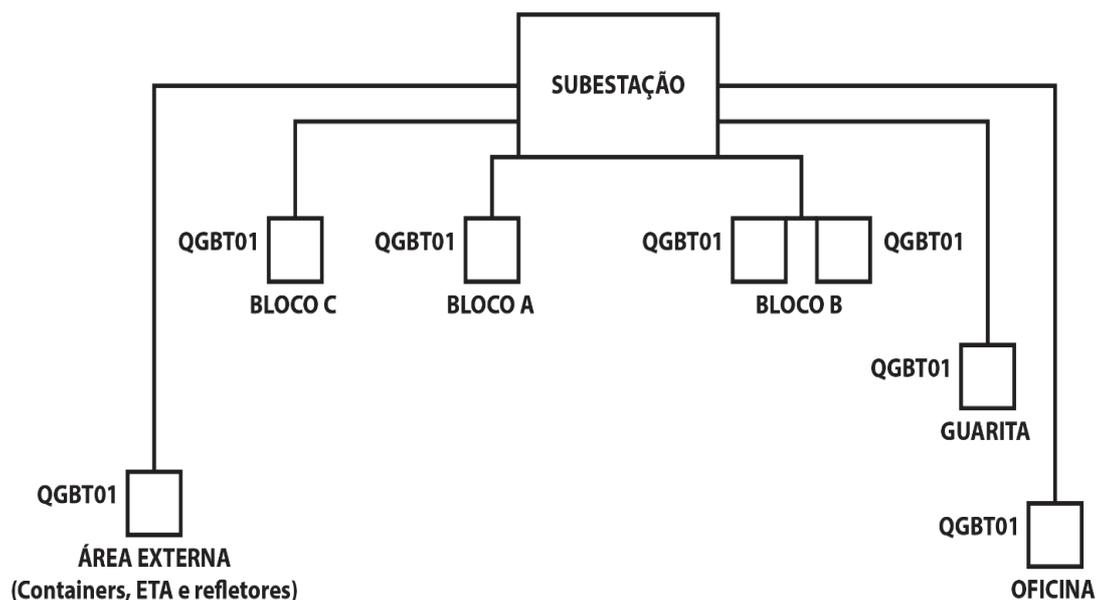


Fonte: O autor (2019)

### 6.7.2 Instalação dos Medidores Eletrônicos de Consumo de Energia

Os medidores eletrônicos de consumo de energia foram instalados nos quadros principais de distribuição, localizados nos blocos A, B e C os demais medidores foram instalados na guarita, na oficina e na área externa, que compreende a ETA e as cargas fora dos quadros relacionados Figura 35.

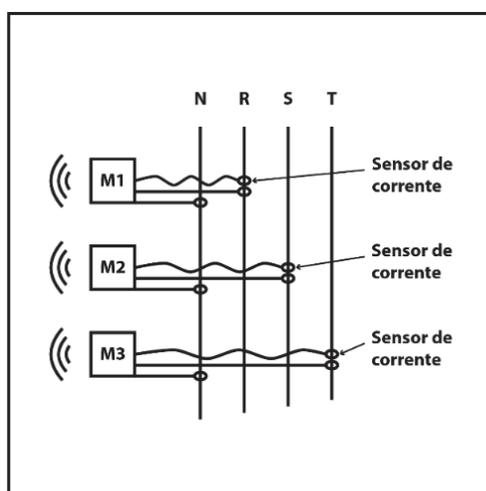
Figura 35 - Visão geral da localização dos medidores eletrônicos de energia instalados no Polo de Inovação



Fonte: O autor (2019)

Em cada um dos 7 (sete) quadros de distribuição denominados QGBT, foram instalados 3 medidores, um em cada fase a Figura 36 apresenta a visão ampliada do quadro de distribuição e os medidores instalados por fase. O valor da potência em quilowatt (kW) é obtido a partir da tensão de cada uma das fases denominadas R, S e T em relação ao neutro denominado N, Figura 36. Então é realizado o cálculo da diferença de potencial multiplicado pela corrente. Em linhas gerais, a energia elétrica consumida é a potência elétrica utilizada durante um certo período de tempo. Por isso, a unidade de medida utilizada para energia elétrica é o Quilowatt – hora (kWh). Portanto, a energia consumida é a interconexão da potência no tempo.

Figura 36 - Visão ampliada do quadro de distribuição de energia

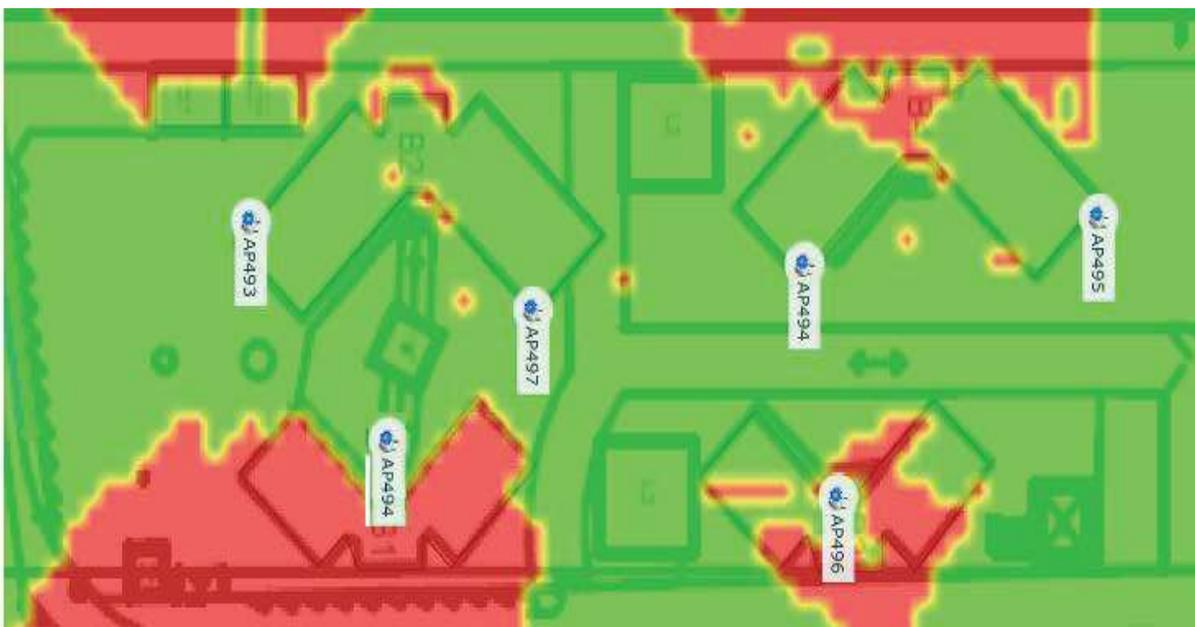


Fonte: O autor (2019)

## 6.8 Adequações da Cobertura Wi-Fi para Atender aos Dispositivos Envolvidos na Arquitetura I2S

Como mencionado no item 6.5, foi realizada uma análise (site survey wireless) para encontrar o melhor posicionamento dos pontos de acesso Wi-Fi, com objetivo de atender a cobertura sem fio necessária aos dispositivos envolvidos na arquitetura I2S. A Figura 37, apresenta a visão geração da cobertura realizada pelos pontos de acesso Wi-Fi para atender aos dispositivos envolvidos na arquitetura I2S (medidores eletrônicos de vazão de água, medidores eletrônicos de consumo de energia, além dos inversores solares fotovoltaicos e os inversores eólicos).

Figura 37 - Visão geral da cobertura Wi-Fi para atender aos dispositivos I2S



Fonte: O autor (2019)

Pode-se observar na Figura 37, que os pontos azuis representam os pontos de acesso indoors (internos) e outdoors (externos) distribuídos no Polo de Inovação. A região iluminada na cor verde, representa o alcance da rede Wi-Fi nos (blocos A, B e C, guarita e área externa). As pequenas regiões iluminadas em vermelho, representam o baixo alcance da rede Wi-Fi. Inicialmente a distribuição dos pontos de acesso apresentada na figura 37, garantiu a cobertura Wi-Fi necessária aos dispositivos envolvidos na arquitetura I2S (os inversores solares fotovoltaicos e os inversores eólicos, além dos medidores eletrônicos de vazão de água e os medidores eletrônicos de consumo de energia.). Para fins de validação, optou-se por realizar testes e analisar a latência, perda de pacotes e conectividade dos dispositivos instalados para fins de validação

### 6.8.1 Análise Detalhada por Perfil de Conectividade dos Dispositivos Envolvidos na Arquitetura I2S

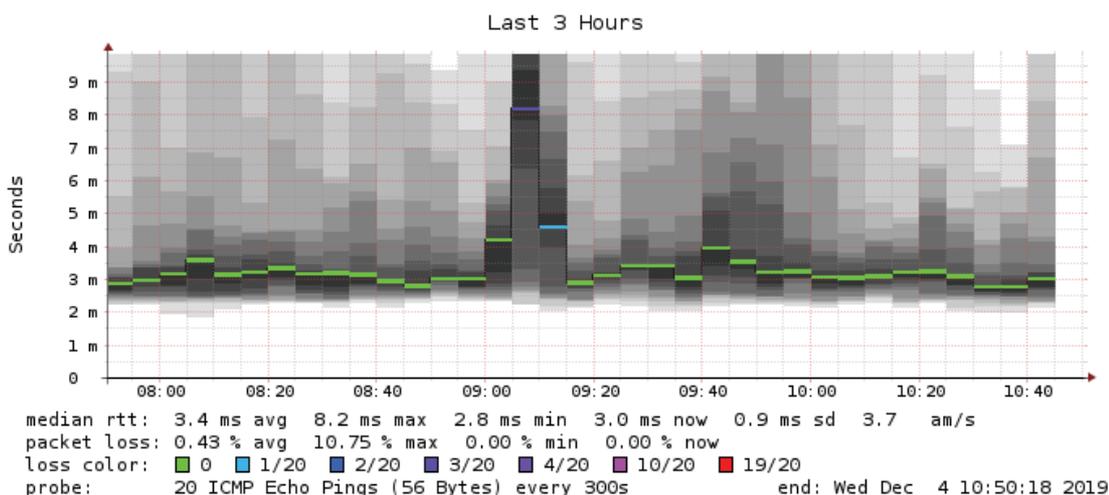
Depois de instalados os dispositivos envolvidos na arquitetura I2S e ajustado os pontos de acesso Wi-Fi, foram realizados testes para analisar possíveis perdas de pacotes, para não comprometer o processo de extração e o envio dos dados gerados pelos inversores solar fotovoltaicos e eólicos, além dos medidores eletrônicos de vazão de água e os medidores eletrônicos de consumo de energia.

Os testes foram realizados através do Smokeping, uma ferramenta opensource de medição de latência, perda de pacotes e conectividade em redes de comunicações. A latência está relacionada ao atraso, ou seja, o tempo que leva para um pacote de dados ir de um ponto designando para o outro. O Smokeping envia vários pacotes de teste ICMP (Internet Control Message Protocol), em seguida classifica os diferentes tempos de ida e volta e seleciona a mediana. Quando um pacote de teste é enviado e nunca retorna, isso é chamado de perda de pacotes. Conforme indicado na legenda dos gráficos, a cor da linha em cada momento indica o número de pacotes perdidos. A linha verde representa zero pacotes perdidos (100% de sucesso). Os vários tons de cinza representam a dispersão dos tempos de resposta no eixo Y. Um tom de cinza muito claro indica que houve poucos pacotes com um tempo de resposta nesse intervalo, enquanto que um cinzento mais escuro indica que houve vários pacotes nesse intervalo.

Foram analisadas as conectividades de todos dispositivos envolvidos na arquitetura I2S (inversores solares fotovoltaicos e eólicos, além dos medidores eletrônicos de energia e de água). De um modo geral, todos os dispositivos apresentaram boa conectividade com poucos pacotes perdidos.

Os Gráfico 1 foi extraída do Smokeping e apresenta a visão geral da latência relacionada ao inversor solar fotovoltaico, cujo endereço IP é: 10.80.0.88.

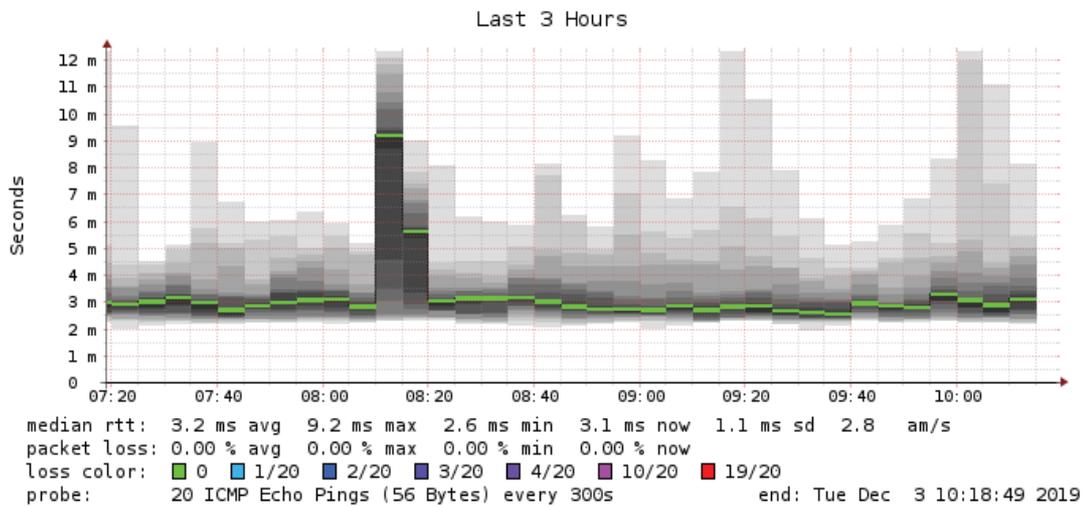
Gráfico 1 - Visão geral da latência do inversor fotovoltaico – IP é: 10.80.0.88



Fonte: Smokeping O autor (2019)

O Gráfico 2 foi extraído do Smokeping e apresenta a visão geral da latência relacionada ao inversor eólico, cujo endereço IP é o: 10.80.0.27. Conforme indicado na legenda, a linha verde representa 0 pacotes perdidos (100% de sucesso) no intervalo de tempo apresentado.

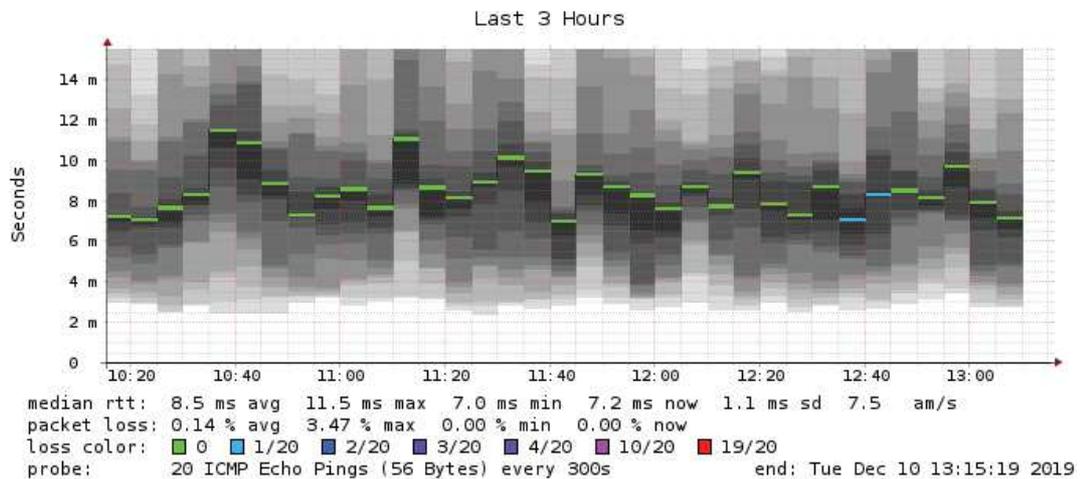
Gráfico 2 - Visão geral da latência do inversor eólico - IP: 10.80.0.27



Fonte: Smokeping O autor (2019)

O Gráfico 3 apresenta a visão geral da latência relacionada ao medidor eletrônico de consumo de energia, cujo endereço IP é o: 10.80.0.132. Ao analisar o gráfico percebe-se que houve poucos pacotes perdidos.

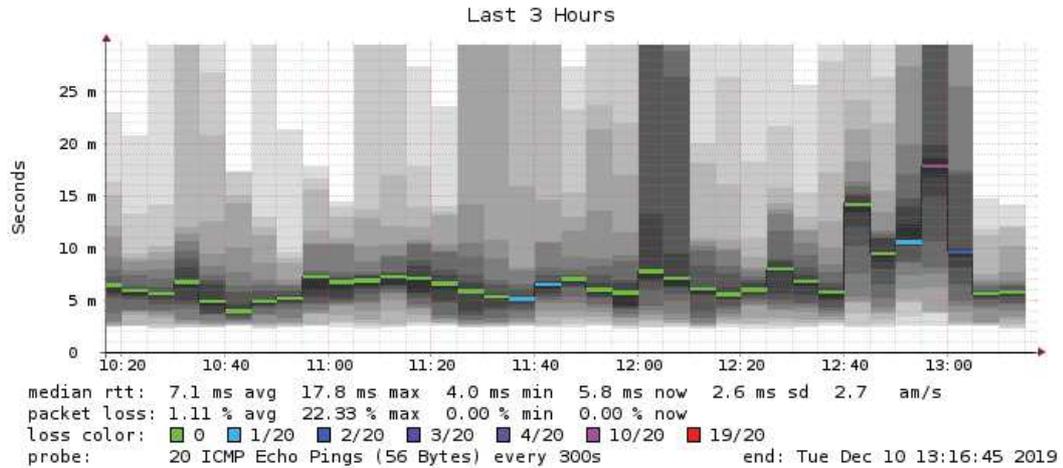
Gráfico 3 - Visão geral da latência do medidor eletrônico de consumo de energia - IP: 10.80.0.132



Fonte: Smokeping O autor (2019)

O Gráfico 4 apresenta a visão geral da latência relacionada ao medidor eletrônico de vazão de água, cujo endereço IP é o: 10.80.0.134. Ao analisar o Gráfico x percebe-se que em relação aos gráficos anteriores, esse apresenta mais perda de pacote em poucos intervalos. Porém esse fato, não apresentou grande impacto na conectividade do medidor.

Gráfico 4 - Visão geral da latência do medidor eletrônico de vazão de água IP: 10.80.0.134

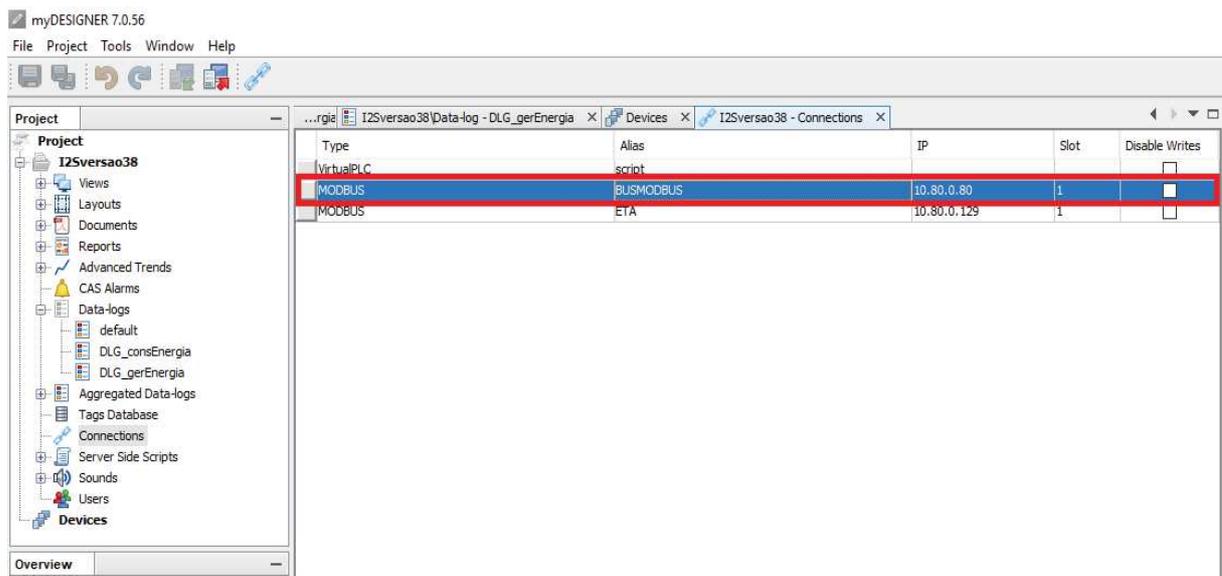


Fonte: Smokeping O autor (2019)

## 6.9 Desenvolvimento do Sistema de Monitoramento I2S

Foi utilizado o software MyDESIGNER na versão 7.0.56, para desenvolver o sistema de monitoramento I2S. Inicialmente foi criada a instância Project, que representa instância das interfaces do sistema monitoramento I2S. Em seguida, foi configurada a conexão com o ambiente de execução, que se refere ao servidor MySCADA, cujo IP é o: 10.80.0.54. A Figura 38 apresenta à direita a instância do Project I2S e à esquerda a conexão com o ambiente de execução.

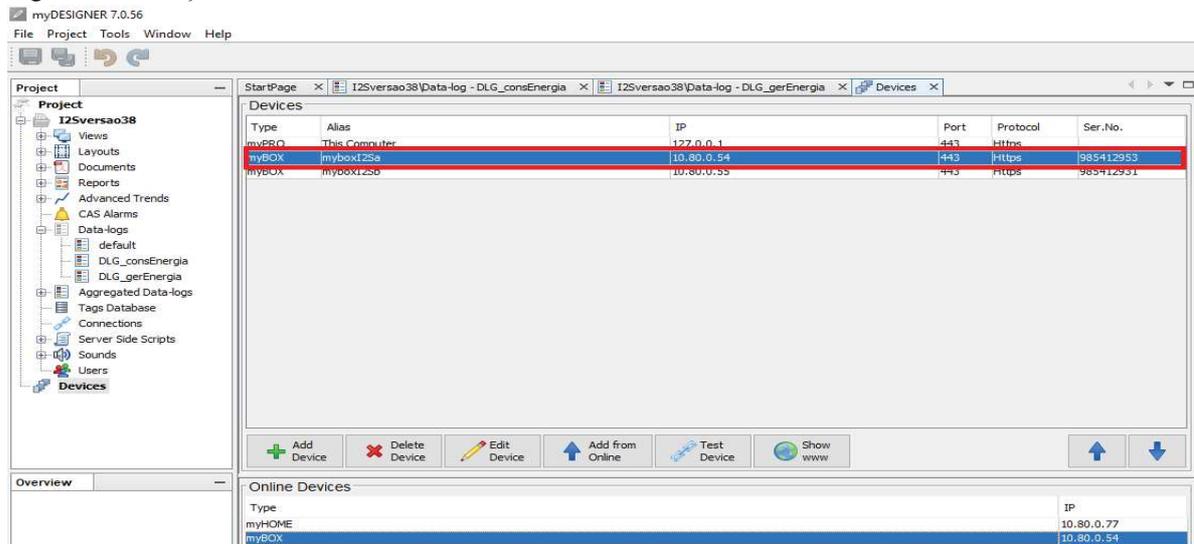
Figura 38 - Visão geral do Project e da conexão com ambiente de execução ( Serv.MySCADA)



Fonte: MyDESIGNER O autor (2019)

Foi criada a conexão com o barramento ModBUS, para o cliente ModBus do MySCADA mapear os endereços dos registradores que contém dos dados extraídos dos inversores solar fotovoltaicos e eólicos, além dos medidores eletrônicos de água e os medidores eletrônicos de consumo de energia Figura 39.

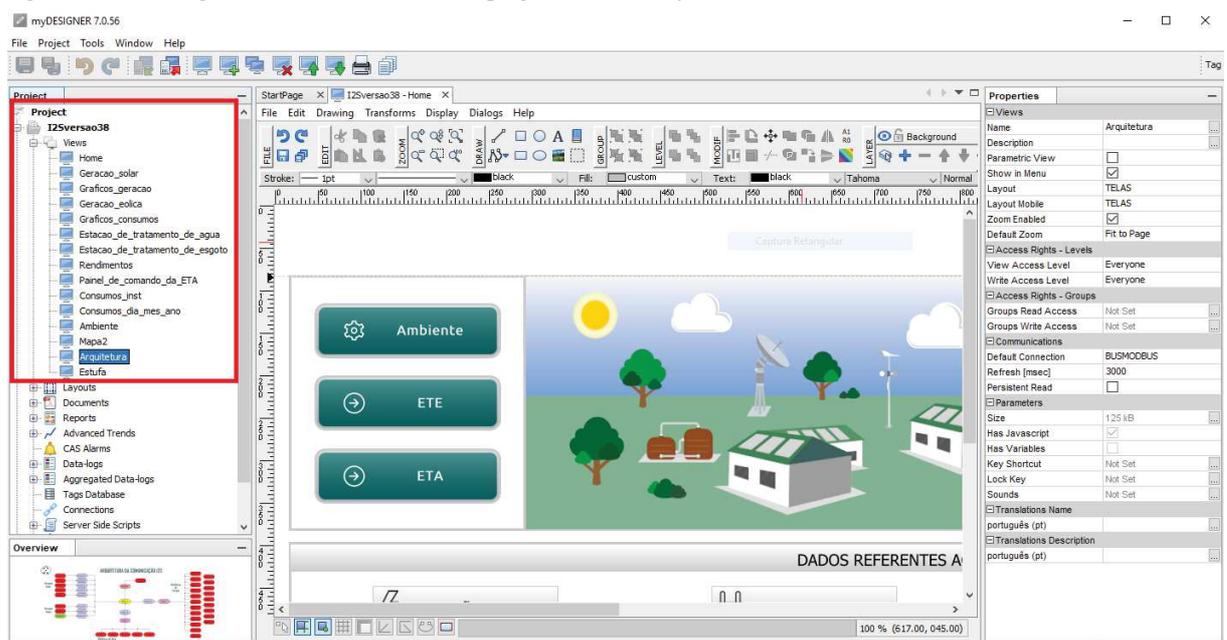
Figura 39 – Criação da conexão com o barramento ModBUS



Fonte: MyDESIGNER O autor (2019)

Depois de criada a instância do projeto e as conexões necessárias, foram desenvolvidas as visões que representam as telas do sistema de monitoramento I2S. A Figura 40 apresenta à esquerda a lista de visões do projeto.

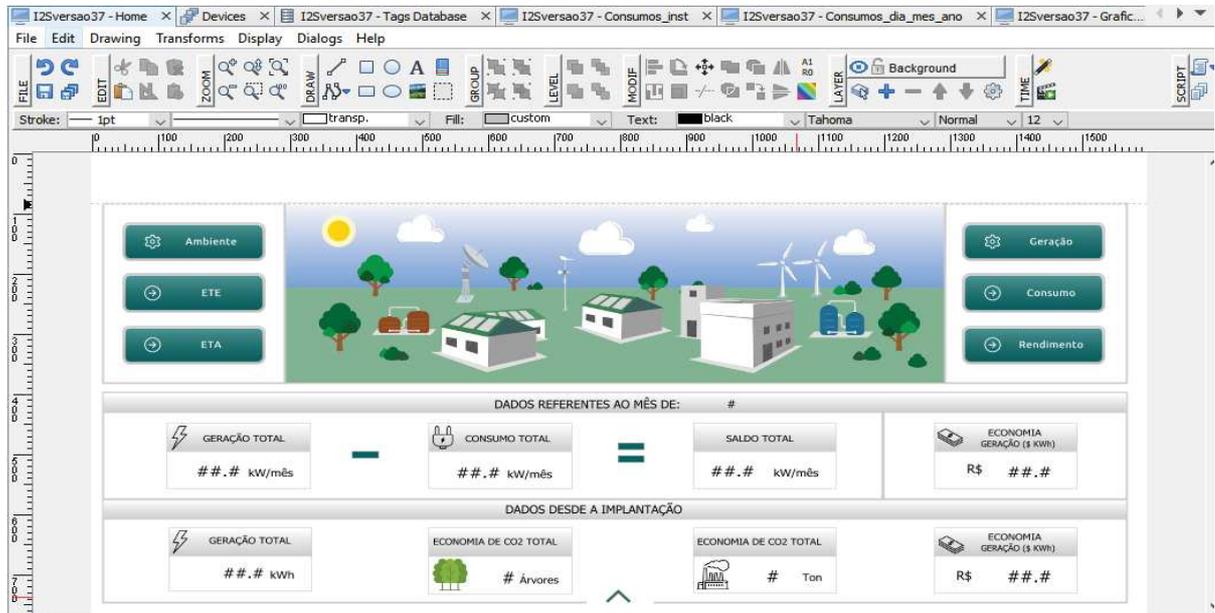
Figura 40 - Visão geral da lista de visões do projeto criadas MyDESIGNER



Fonte: MyDESIGNER O autor (2019)

Cada visão do projeto desenvolvida, procurou atender aos requisitos elencados na seção 5.5 deste trabalho. A Figura 41 apresenta a interface da view “Home”, que representa a tela inicial do sistema de monitoramento I2S.

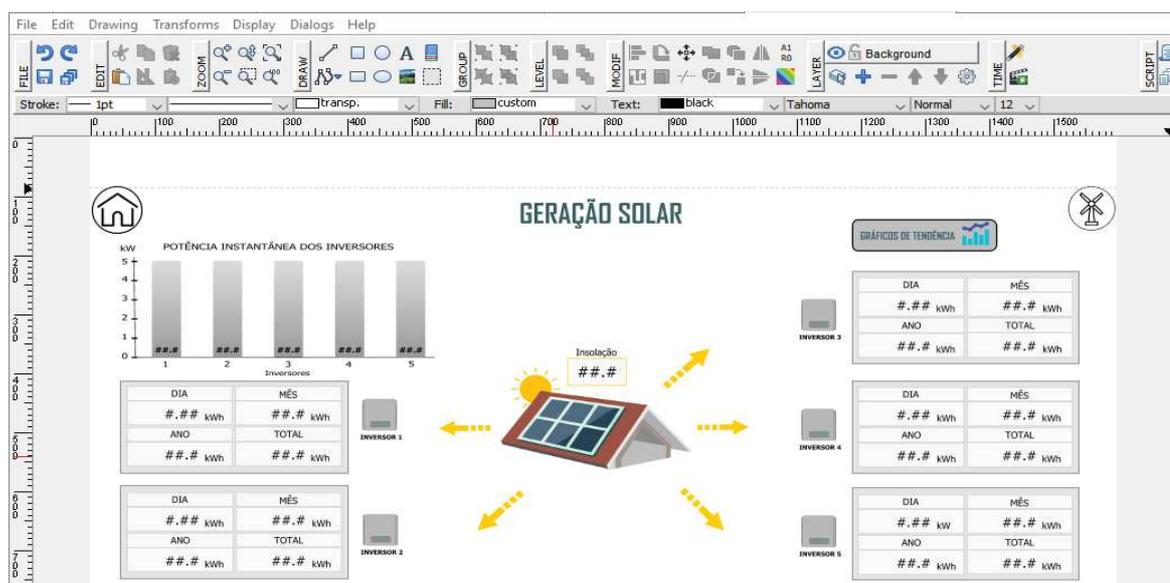
Figura 41 - Visão geral da view “Home” criada no MyDESIGNER



Fonte: MyDESIGNER O autor (2019)

A Figura 42 apresenta a view “Geração\_solar”, criada para apresentar os dados de cada inversor solar fotovoltaico instalados no Polo de Inovação.

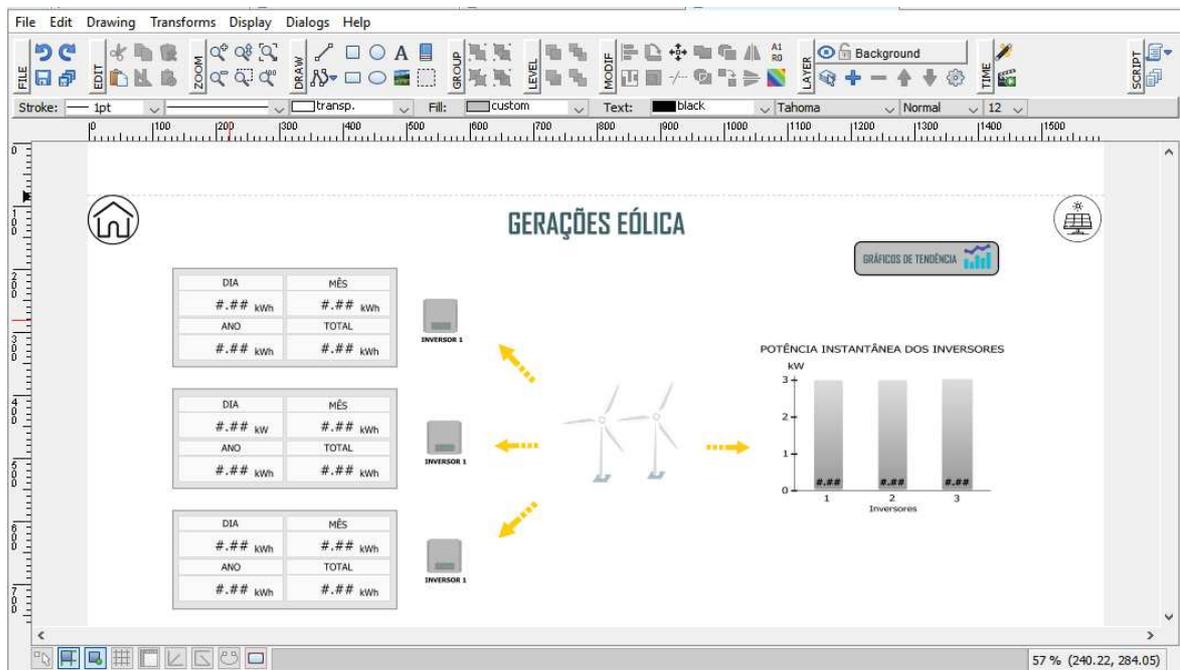
Figura 42 - Visão geral da view “Geração\_solar” criada no MyDESIGNER



Fonte: MyDESIGNER O autor (2019)

A Figura 43 apresenta a visão “Geração\_eólica”, criada para apresentar a geração dos três geradores eólicos instalados no Polo de Inovação.

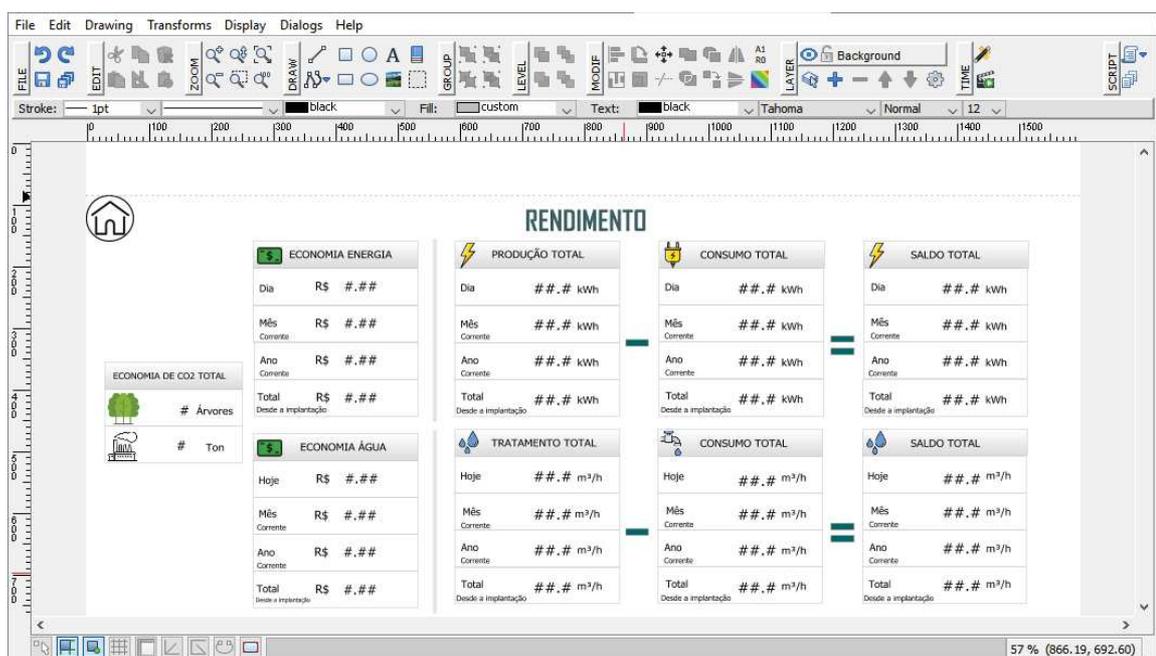
Figura 43 - Visão geral da view “Geração\_eólica” criada no MyDESIGNER



Fonte: MyDESIGNER O autor (2019)

A figura 44 apresenta a view “Rendimentos”, criada para apresentar os cálculos relacionados geração de energia versus consumo e tratamento de água versus consumo.

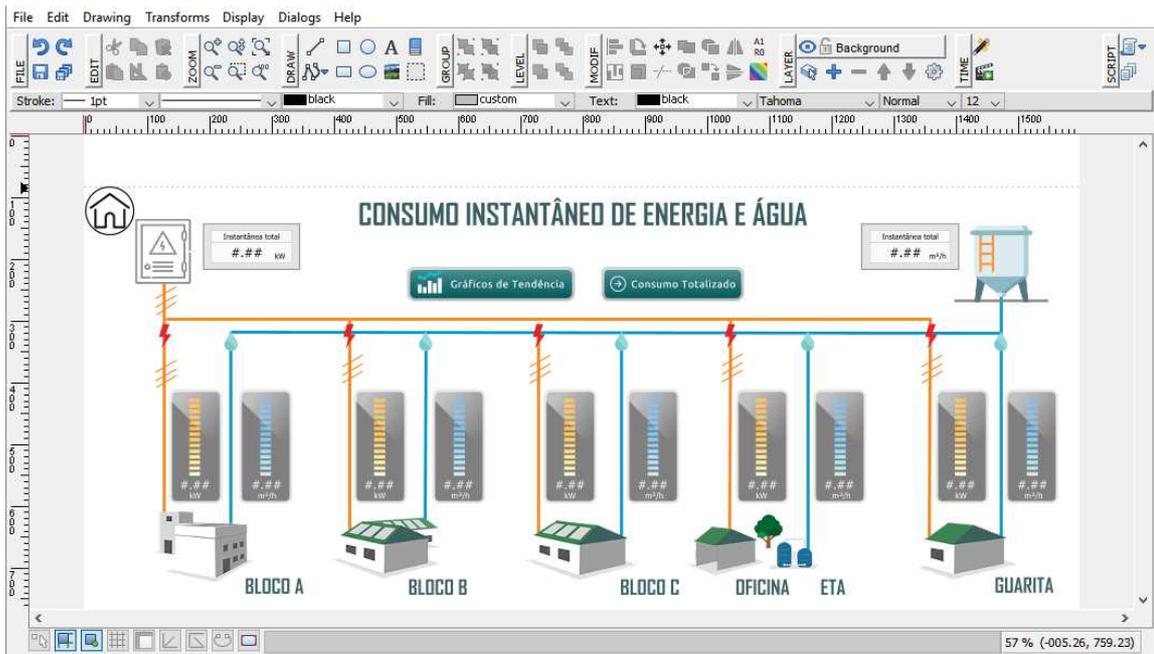
Figura 44 - Visão geral da view “Rendimento” criada no MyDESIGNER



Fonte: MyDESIGNER O autor (2019)

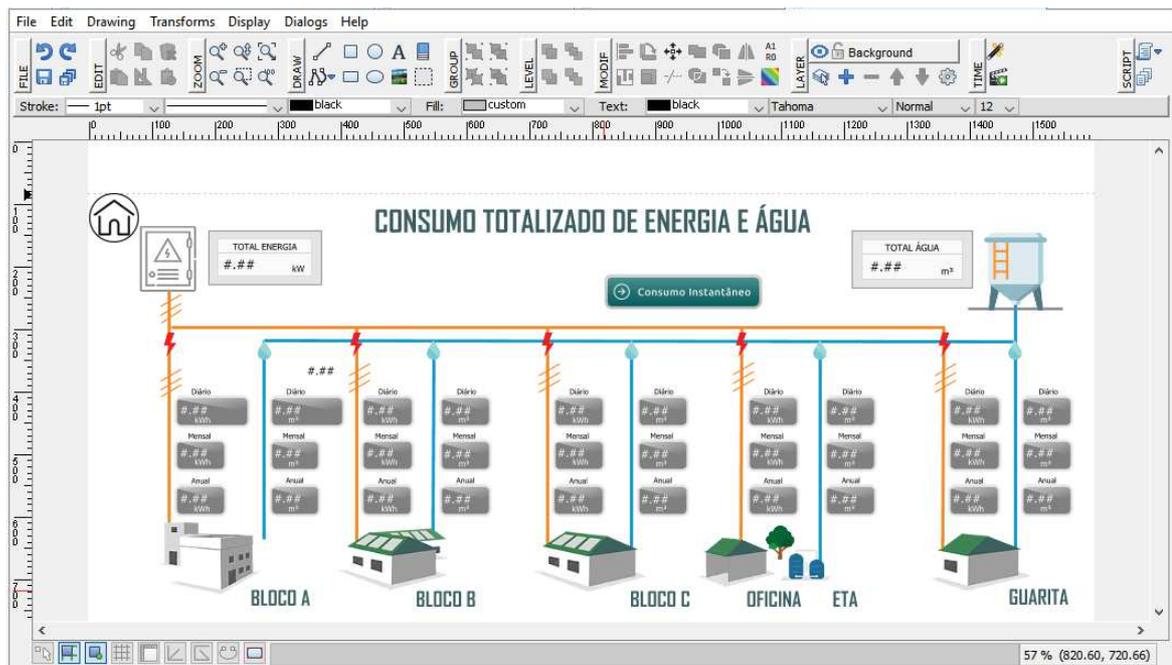
As figuras 45 e 46 apresentam respectivamente as views “Consumo\_inst”, criada para apresentar os consumos instantâneos de energia em W e os consumos de água em m<sup>3</sup> e a “view “Consumo\_dia\_mês\_ano”, criada para apresentar os consumos energia e água do dia, mês e ano.

Figura 45 - Visão geral da view “Consumo\_Inst” criada no MyDESIGNER



Fonte: MyDESIGNER O autor (2019)

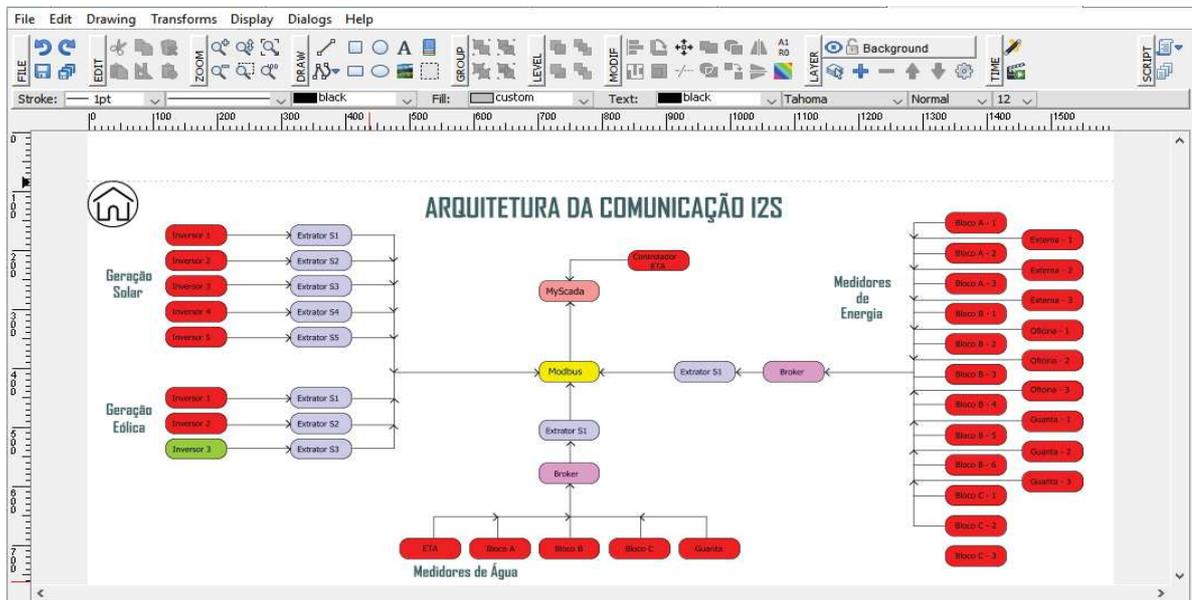
Figura 46 - Visão geral da view Consumo\_dia\_mês\_ano criada no MyDESIGNER



Fonte: MyDESIGNER O autor (2019)

A view “Ambiente”, Figura 47, foi criada para apresentar o status da conectividade dos dispositivos envolvidos na arquitetura I2S.

Figura 47 - Visão geral da view “Ambiente” desenvolvida no MyDESIGNER



Fonte: MyDESIGNER O autor (2019)

A Figura 48, apresenta a lista das Tags criadas no MyDESIGNER, que representam as variáveis que armazenam o endereço do registrador no barramento ModBUS, que contém os dados necessários para atender ao sistema de monitoramento I2S.

Figura 48 - Visão geral das Tags (variáveis) criadas no MyDESIGNER

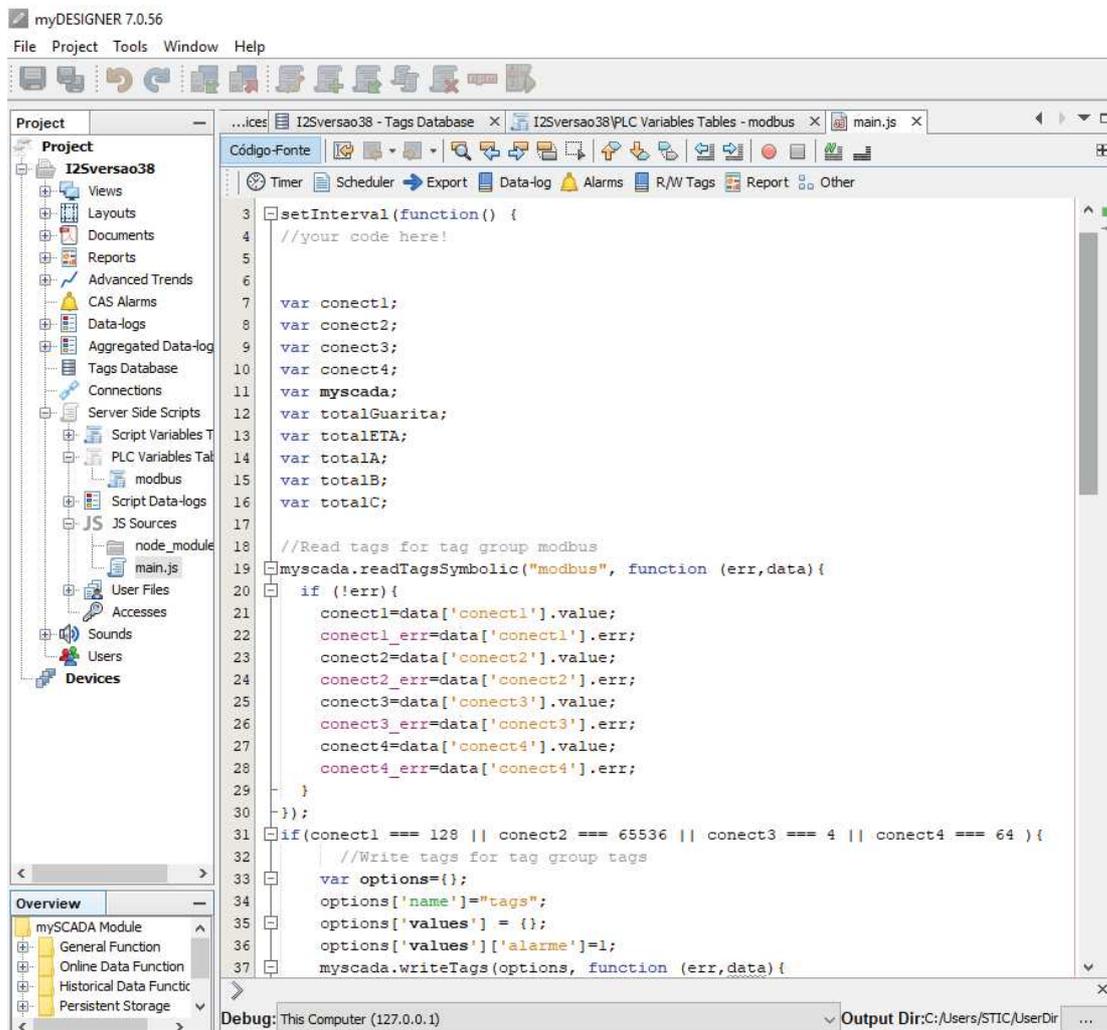
Alias	Tag@Conn	Unit	Read Scale	Write Scale	Type
• j1t211Connect	H:400.5@BUSMODBUS		Not Set	Not Set	Value
• conectControladorETA	H:403.0@BUSMODBUS		Not Set	Not Set	Value
• j1t311ConsumoEnergiaBlocoCPac	H:121@BUSMODBUS		1.0*Tag/1000.0+0.	Not Set	Value
• fit102ConnectConsumoAguaBlocoB	H:403.2@BUSMODBUS		Not Set	Not Set	Value
• fit102ConsumoAguaBlocoBMonth	Hd:232@BUSMODBUS		Not Set	Not Set	Value
• j1t312ConsumoEnergiaGuaritaDay	H:133@BUSMODBUS		1.0*Tag/1000.0+0.	1000.0*Tag/1.0+0.	Value
• j1t212DayEnergy	H:63@BUSMODBUS	kW	1.0*Tag/1000.0+0.	Not Set	Value
• j1t320ConsumoEnergiaExternaTotal	Hd:148@BUSMODBUS		1.0*Tag/1000.0+0.	1000.0*Tag/1.0+0.	Value
• fit104ConsumoAguaGuaritaPac	H:213@BUSMODBUS		Not Set	Not Set	Value
• fit101ConsumoAguaBlocoAMonth	Hd:222@BUSMODBUS		Not Set	Not Set	Value
• j1t211Month	Hd:54@BUSMODBUS	kWh	1.0*Tag/1000.0+0.	1000.0*Tag/1.0+0.	Value
• rendimentoYearEnergy	Hd:306@BUSMODBUS	Reais	Not Set	Not Set	Value
• economiaTotalTonCO2	Hd:316@BUSMODBUS	Ton	Not Set	Not Set	Value
• j1t304-ConsumoEnergiaBlocoBPac_1	Hd:110@BUSMODBUS		1.0*Tag/1000.0+0.	1000.0*Tag/1.0+0.	Value
• H:401	H:401@BUSMODBUS		Not Set	Not Set	Value

Fonte: MyDESIGNER O autor (2019)

A criação da Tags (variáveis) no MyDESIGNER seguiu o padrão onde o nome da variável representa a informação do dado que ela armazena. Todos os componentes criados nas

views (telas) no MyDESIGNER representam códigos em Java Script. A Figura 49, apresenta um fragmento de código em Java Script dos componentes da view “Consumo\_Inst”.

Figura 49 - Visão do código em Java Script dos componentes view “Consumo\_Inst”.



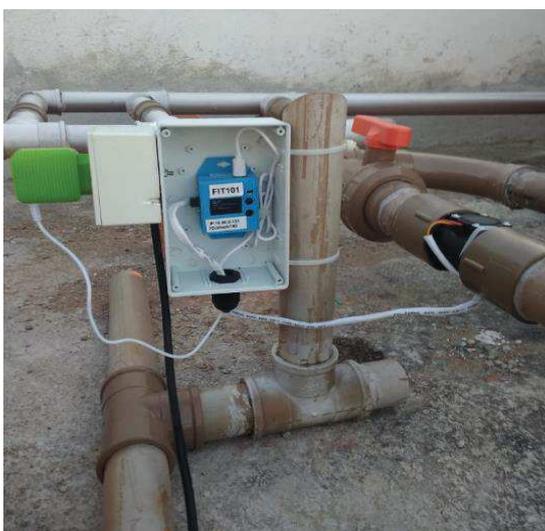
Fonte: MyDESIGNER O autor (2019)

O MyDESIGNER é uma ferramenta muito flexível, que permite modificar a aparência visual e funcional do projeto, em um ambiente em tempo de execução e a visualização de qualquer alteração realizada em questão de segundos no ambiente do cliente.

## 7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os medidores eletrônicos de vazão de água foram instalados nas saídas dos reservatórios de armazenamentos de água, localizados nos blocos A, B, C, e na Estação de Tratamento de Água (ETA). Além disso, um quinto medidor foi instalado na entrada de água da guarita. A Figura 50 apresenta o medidor eletrônico de água denominado FIT101, instalado na saída do reservatório de armazenamento de água do bloco A.

Figura 50 - Medidor eletrônico de vazão de água instalado no bloco A



Fonte: O autor (2019)

A Figura 51 apresenta o medidor eletrônico de vazão de água, instalado na saída da tubulação do reservatório de armazenamentos de água, localizado no bloco C do Polo de Inovação.

Figura 51 - Figura x – Medidor eletrônico de vazão de água instalado no bloco C



Fonte: O autor (2019)

A Figura 52 apresenta o medidor eletrônico de vazão de água denominado FIT104, instalado na tubulação da entrada de água da guarita do Polo de Inovação.

Figura 52 - Medidor eletrônico de vazão de água instalado da Guarita



Fonte: O autor (2019)

A Figura 53 apresenta o medidor eletrônico de vazão de água denominado FIT105, instalado na saída da tubulação da Estação de Tratamento de água (ETA) do Polo de Inovação.

Figura 53 - Medidor eletrônico de vazão de água instalado na ETA



Fonte: O autor (2019)

O Smokeping auxiliou na análise da conectividade, latência e perda de pacotes dos medidores eletrônicos de vazão de água. Todos os medidores eletrônicos de vazão de água apresentam boa conectividade, após alguns ajustes no posicionamento dos pontos de acesso Wi-Fi. Após uma análise preliminar foi verificado que a leitura da vazão de água realizada pelos medidores eletrônicos de vazão da ETA e guarita está condizente com o consumo real.

Através da instalação dos medidores eletrônicos de água, é possível identificar macros consumos e micros consumos em locais específicos no Polo de Inovação, o que pode auxiliar na identificação de desperdício de água no campus.

Os medidores eletrônicos de consumo de energia, foram instalados acima dos quadros de distribuição, localizados nos blocos A, B, C, guarita, oficina e nas cargas fora dos quadros (área externa). A Figura 54 apresenta os três medidores eletrônicos de consumo de energia denominados JT301, JT302 e JT303 instalados no bloco A do Polo de Inovação.

Figura 54 - Visão geral dos medidores eletrônicos de energia instalados no bloco A

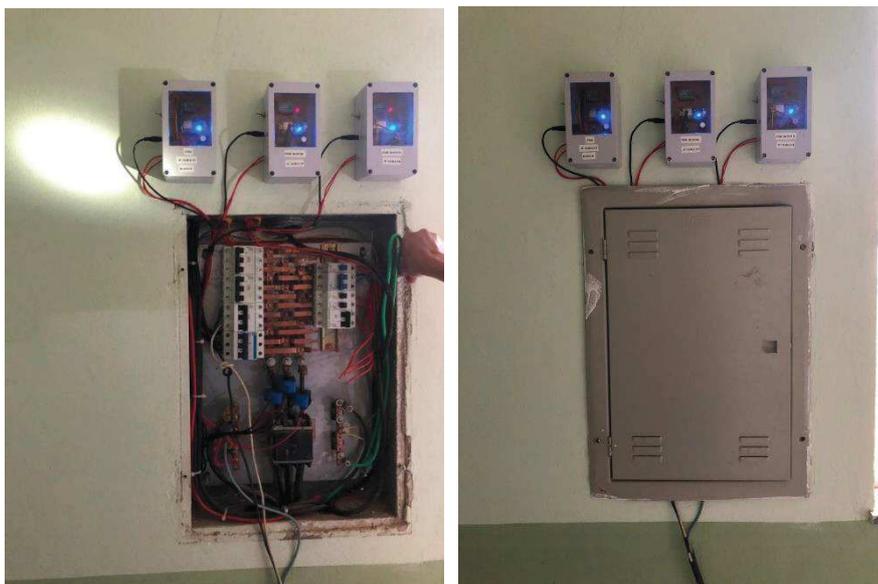


Fonte: O autor (2019)

O bloco B é o único que possui dois quadros de distribuição, em que um deles fornece energia à direita do bloco e o outro fornece energia à esquerda do bloco.

A Figura 55 apresenta a visão geral dos três medidores eletrônicos de consumo de energia denominados JT304, JT305 e JT306, de seis medidores instalados acima do quadro e distribuição localizado no bloco B.

Figura 55 - Visão geral de três medidores eletrônicos de consumo de energia inst. no bloco B



Fonte: O autor (2019)

A Figura 56 apresenta a visão geral dos três medidores eletrônicos de consumo de energia denominados JT310, JT311 e JT312, instalados no bloco C do Polo de Inovação.

Figura 56 - Visão geral de três medidores eletrônicos de energia inst. no bloco C



Fonte: O autor (2019)

A análise dos dados do Smokeping foi de grande utilidade para verificar a conectividade, latência e perda de pacotes. Após alguns ajustes no posicionamento dos pontos de acesso Wi-Fi, todos os medidores eletrônicos de consumo de energia apresentam boa conectividade e os seus dados foram aferidos com instrumento padrão.

Durante o trabalho foi desenvolvido o sistema de monitoramento I2S, acessível através da web, disponível em <http://i2s.picg.iff.edu.br>, com interfaces responsivas e em tempo real. Este sistema apresenta os valores da geração de energia por fonte renovável: solar fotovoltaica e eólica, além do consumo de recursos: água e energia, com informações consolidadas e gráficos para análise, todos os dados apresentados foram validados a partir de comparações com medições padrões e encontram-se corretos.

A Figura 57 apresenta a interface *home* (inicial) do sistema de Monitoramento I2S. Nesta interface são apresentados os botões de navegação para as principais telas e um menu suspenso, que permite navegar entre outras interfaces. Na interface *home* é apresentado o saldo da geração menos o consumo de energia do mês corrente e a economia de energia no mês. O saldo pode ser negativo ou positivo. Na figura 57 o saldo total do mês é positivo devido aos medidores de consumo de energia entrarem em operação posterior a totalização da geração de energia. Além disso, por razões de ambientais, também apresenta o equivalente de carbono em toneladas e em árvores em relação a geração por fontes renováveis.

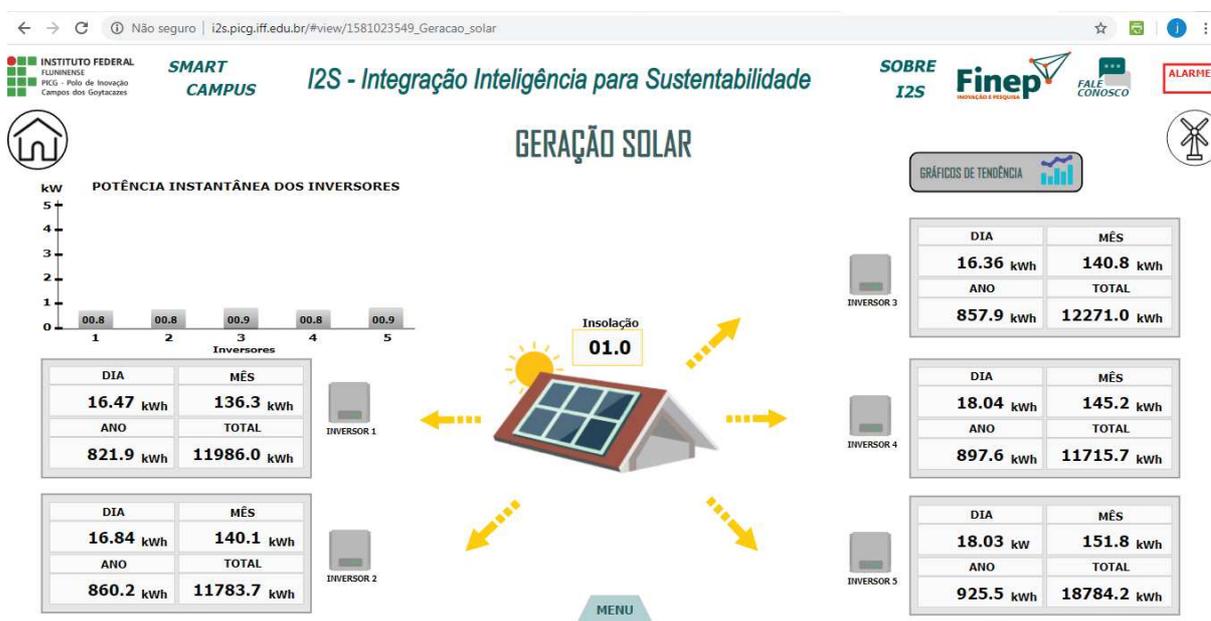
Figura 57 - Interface *Home* do sistema de Monitoramento I2S



Fonte: O autor (2019)

A Figura 58, apresenta a interface relacionada a Geração solar fotovoltaica. Nesta interface, são apresentadas as potências instantâneas em quilowatt (kW) de cada um dos cinco inversores, através de um gráfico em barras. Além disso, são apresentadas informações sobre a geração de energia diária, mensal anual e a total em quilowatt-hora (kWh). Também um botão apresenta um botão suspenso, relacionado aos gráficos de tendência da potência gerada em kW durante um intervalo específico. A partir da interface Geração solar fotovoltaica é possível navegar para interface relacionada a geração eólica.

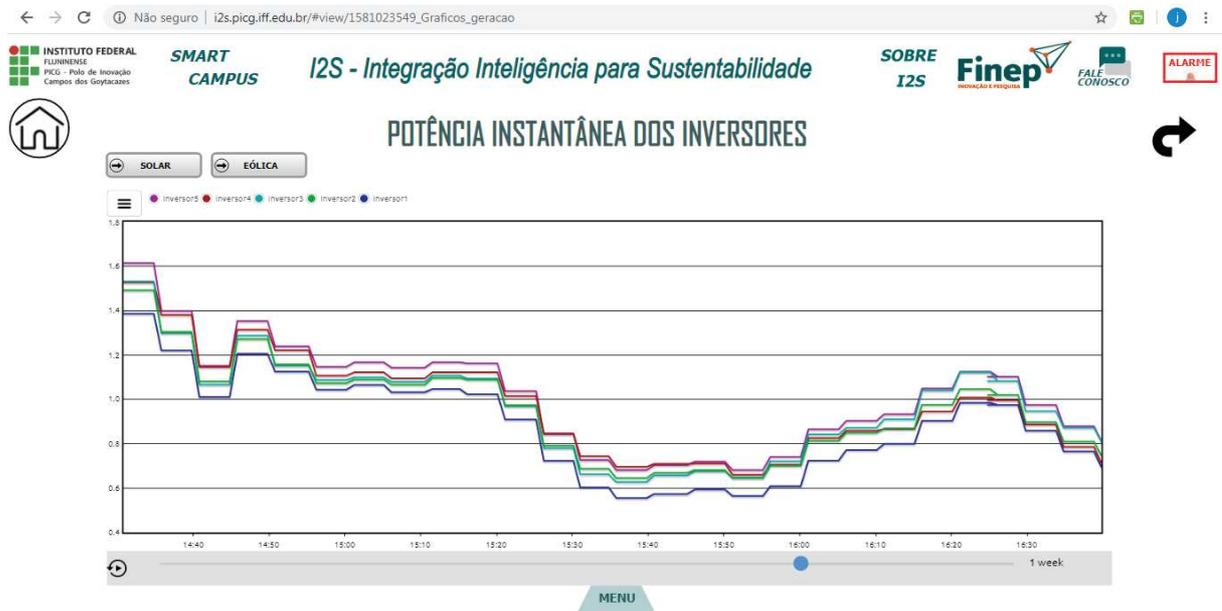
Figura 58 - Interface relacionada a Geração solar fotovoltaica



Fonte: O autor (2019)

A Figura 59, apresenta o gráfico de tendência das potências em quilowatt (kW) dos cinco inversores solares fotovoltaicos. O sistema de Monitoramento I2S, permite recuperar o histórico da geração em intervalos de tempo selecionados. A Figura 59 apresenta os dados de uma semana de radiação solar. Cada curva apresenta os valores de um inversor ligado a seu respectivo conjunto de painéis solares. Pode ser observado que existe uma defasagem no tempo e amplitude das curvas. A defasagem no tempo é gerada devido ao posicionamento dos painéis e a amplitude está relacionada com a passagem de nuvens. Com esta análise preliminar pode ser observado que o sistema desenvolvido poderá ser utilizado para outros futuros trabalhos

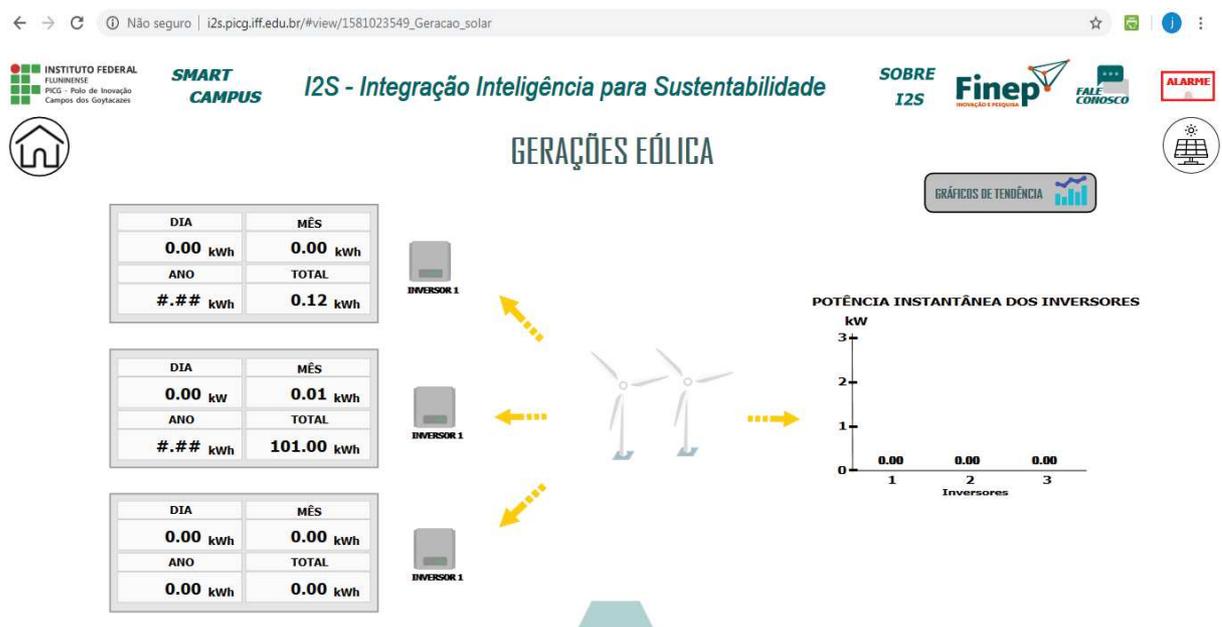
Figura 59 - Gráfico de Tendência das potências dos cinco inversores conectados as placas solares fotovoltaicos



Fonte: O autor (2019)

A Figura 60, apresenta a interface relacionada a Geração eólica, que também mostra um gráfico em barras, relacionado as potências instantâneas em quilowatt (kW) de cada um dos três inversores da geração eólicos. Além disso, são apresentadas informações sobre a geração de energia diária, mensal anual e a total em quilowatt-hora (kWh). Apresenta um botão suspenso relacionado aos gráficos de tendência dos inversores eólicos.

Figura 60 - Interface da geração de energia eólica



Fonte: O autor (2019)

A Figura 61 apresenta a interface relacionada aos Consumos Instantâneos de Energia e de Água. Nesta interface são apresentadas informações dos consumos individuais de energia instantânea em quilowatt (kW) e de água em m<sup>3</sup> dos blocos A, B,C, oficina e guarita. São apresentados botões de navegação que remete aos gráficos de tendência dos consumos de água e de energia; consumo totalizado e dos parâmetros elétricos de cada um dos medidores eletrônicos de energia.

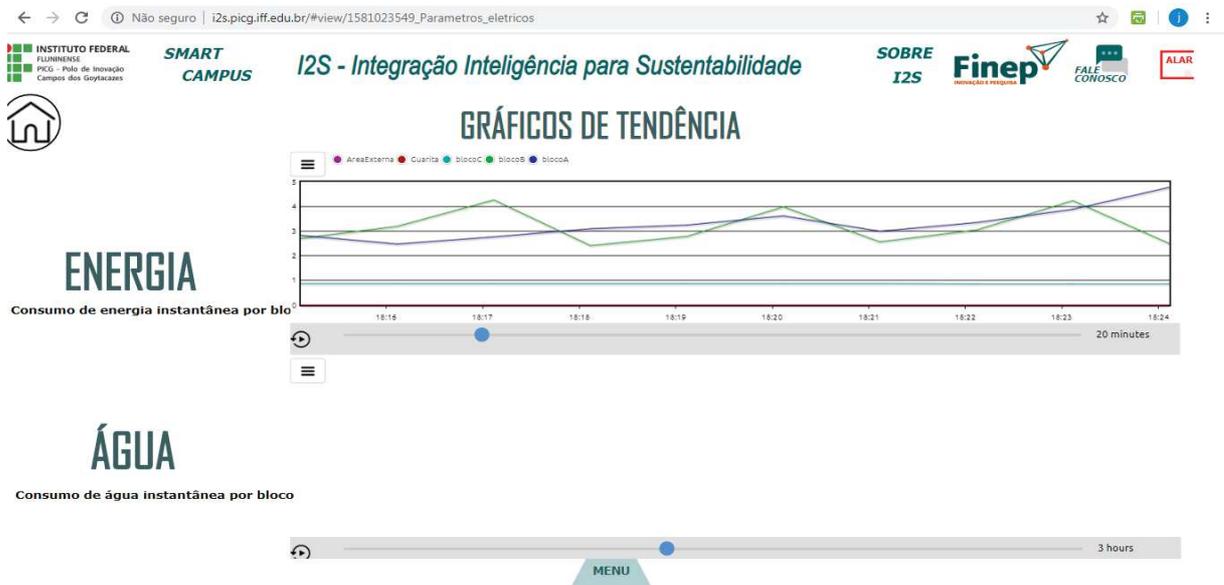
Figura 61 – Interface relacionada aos consumos instantâneos e energia e de água



Fonte: O autor (2019)

O botão Gráfico de Tendência, presente na Figura 62, permite visualizar os gráficos de tendência de consumo por bloco ou área. Estes dados podem ser utilizados para uma macro análise dos consumos principais do Polo de Inovação de Inovação. A Figura 62 apresenta a interface do gráfico de tendência de consumo por bloco do Polo de Inovação.

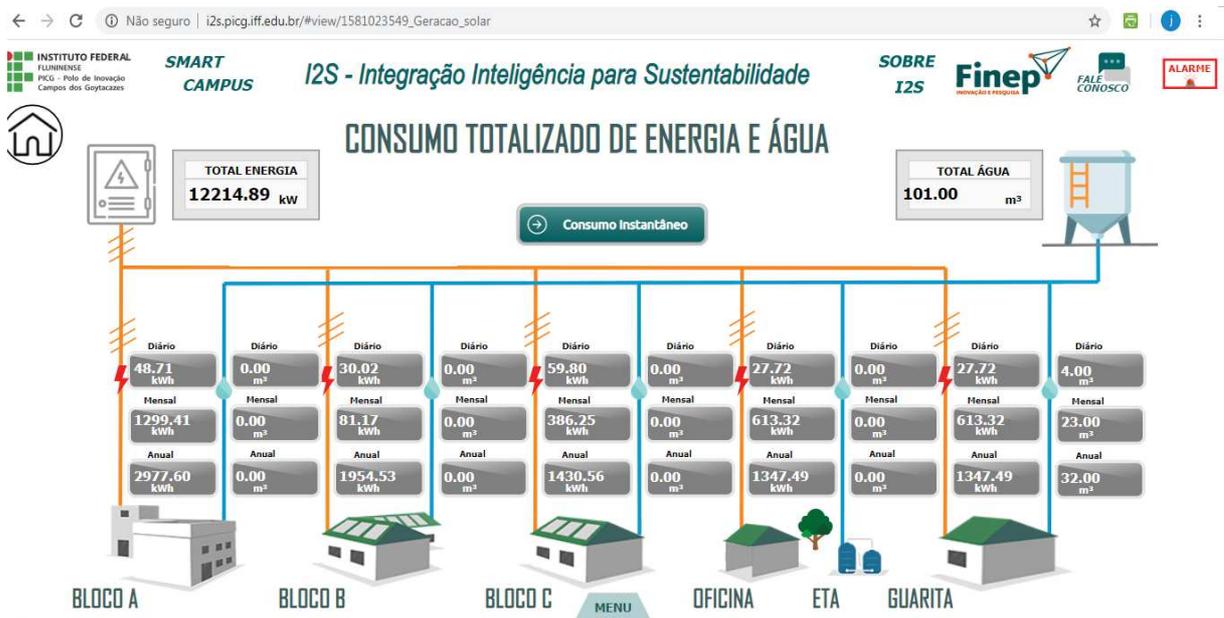
Figura 62 - Visão geral do gráfico de tendência do consumo de energia por bloco do Polo de Inovação



Fonte: O autor (2019)

Além disso, o botão Consumo Totalizado, presente na Figura 61, apresenta a interface relacionada ao consumo totalizado de energia e de água. Nesta interface são apresentadas informações dos consumos individuais de energia com valores totais, diários, mensais e anuais em quilowatt-hora (kWh) e informações de consumos individuais de água com valores totais diários, mensais e anuais em m<sup>3</sup> dos blocos A, B,C, oficina e guarita. A Figura 63 apresenta a visão geral da interface relacionada ao consumo totalizado de energia de água. Os dados apresentados podem ser utilizados para análise em trabalhos futuros.

Figura 63 - Interface relacionada aos consumos de energia e de água (totalizados do dia, mês, ano)



Fonte: O autor (2019)

A Figura 64 apresenta os dados dos parâmetros elétricos corrente, tensão e potência por fase medida. Estes valores pode ser utilizadas para análise dos circuitos e manutenção do Polo de Inovação.

Figura 64 – Interface relacionada aos parâmetros elétricos



Fonte: O autor (2019)

A Figura 65 apresenta a interface Rendimento. Esta interface apresenta o saldo de energia diário, mensal, anual e total, através da diferença da produção diária, mensal anual e total e o consumo diário, mensal, anual e total de energia. Além de apresentar a economia de energia em reais (R\$). Esta interface apresenta ainda a relação entre o tratamento de água diário, mensal e anual e o consumo diário, mensal, anual e total em  $m^3$  por hora. Pode ser observado na Figura 65 o valor negativo como resultado da subtração entre o saldo da geração e o consumo diário. Este valor indica que o Polo de Inovação no dia consumiu mais energia do que gerou.

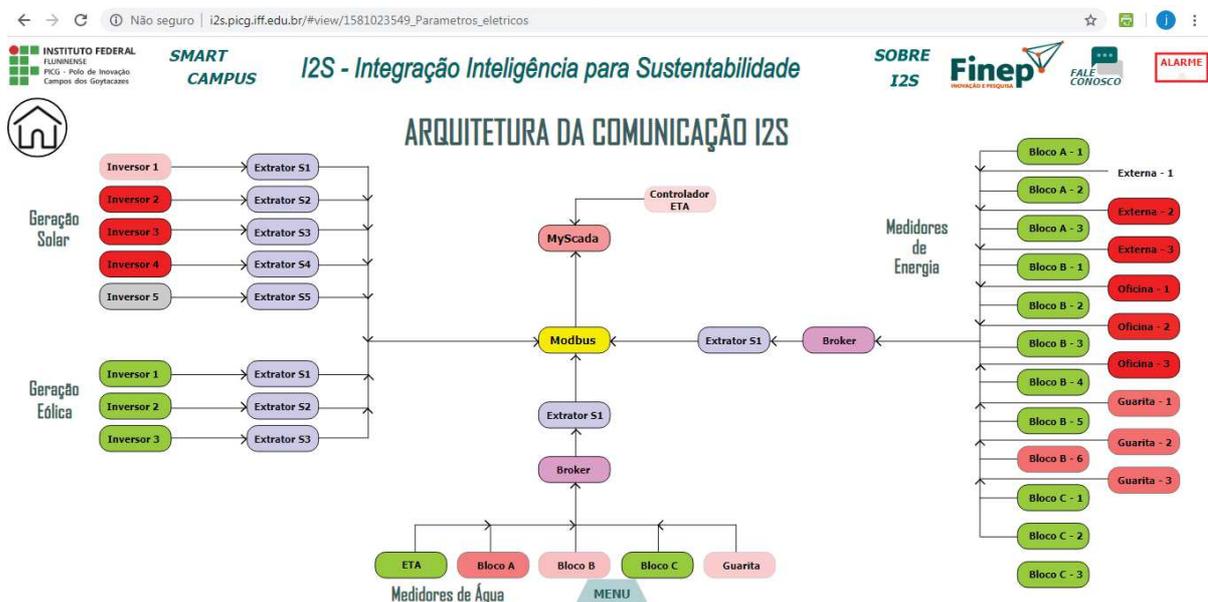
Figura 65 - Interface Rendimento do sistema de Monitoramento I2S



Fonte: O autor (2019)

A partir de qualquer interface do sistema de I2S, ao clicar no menu “I2S Integração Inteligência para Sustentabilidade” é possível acessar a interface, que contém a arquitetura de comunicação I2S Figura 66. Esta interface é interativa, uma vez que apresenta o status de conectividade dos dispositivos (inversores solares fotovoltaicos, eólicos, medidores de água e de energia). Quando o dispositivo encontrasse na cor verde, significa que esse apresenta conectividade na rede, e quando o dispositivo encontrasse na cor vermelha, apresenta perda de conectividade.

Figura 66 - Interface Arquitetura de Comunicação I2S para análise do status da conectividade



Fonte: O autor (2019)

Durante o desenvolvimento do sistema de Monitoramento I2S, a execução do código foi distribuída em servidores virtuais e nos clientes web, para reduzir a carga de trabalho do servidor MySCADA. Além disso, os tempos de atualização dos dados foram ajustados para permitir a leitura dos valores sem comprometer o desempenho.

## 8. CONCLUSÃO

Considerando as informações apresentadas a respeito da integração dos dados dos sistemas de geração de energia renovável, consumo de energia, tratamento de água e consumo de água exposto durante o trabalho, pode-se concluir que estes subsistemas foram integrados a partir dos cálculos dos saldos, gráficos comparativos e equivalente carbono.

Durante a execução do trabalho foi possível realizar o levantamento de custo dos medidores com base nos dados dos processos de compras executados. Logo, entende-se que a especificação de materiais e levantamento de preços foram etapas fundamentais para a determinação dos custos.

A instalação dos medidores eletrônicos de consumo de energia foi uma etapa complexa, pois em alguns casos, as instalações ocorreram com quadros de distribuição energizados. Já na instalação dos medidores eletrônicos de vazão de água, foi necessário interromper temporariamente o fornecimento de água para a instalação das linhas de by-pass e dos medidores. Também foi necessário acessar locais de difícil acesso. Durante todo o processo de instalação alguns medidores estavam fora do alcance da rede Wi-Fi, logo foi necessário reposicionar os pontos de acesso. Portanto, diante do apresentado pode-se concluir que esta etapa foi realizada com sucesso.

Na fase inicial do trabalho foi necessário projetar a arquitetura lógica de comunicação do sistema I2S. Existem algumas alternativas que poderiam ser adotadas, porém optou-se por manter o protocolo MQTT para a comunicação. Este protocolo também permite a implementação de aplicações utilizando Internet das Coisas. O sistema desenvolvido apresenta interface que permite acesso aos dados de forma consolidada a partir de indicadores, gráficos e cálculos apresentados. Portanto pode-se concluir que o sistema de Monitoramento I2S desenvolvido atende aos requisitos que foram definidos.

Dado o exposto e considerando ser um trabalho de mestrado profissional aplicado, pode-se concluir que os resultados finais atendem aos objetivos iniciais estabelecidos.

Após a conclusão do trabalho, foi observado que alguns trabalhos futuros podem ser realizados:

- i. Levantamento de informações como requisitos para certificação em andamento do Polo de Inovação no programa *Green ICT* por suas práticas sustentáveis na área de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), através da International Federation of Global & Green Information & Communication Technology (IFGICT), uma instituição onde suas atividades estão alinhadas com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas com foco nas TICs, visando tornar a adoção destas tecnologias mais sustentável do ponto de vista ambiental, econômico e social;
- ii. Integrar ao sistema de Monitoramento I2S, os parâmetros relativos a umidade e temperatura, alinhado ao controle remoto das unidades condicionadoras de ar do Polo de Inovação;
- iii. Projeto e implementação do banco de dados que permita de forma simplificada a mineração de dados;
- iv. Desenvolvimento de metodologia para análise da carga de trabalho gerada no servidor MySCADA com clientes web realizando acesso concorrente;
- v. Implementação do balanceamento de carga para o servidor MySCADA;

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMKÓ, A. Building Smart University Using Innovative Technology and Architecture. *In: USKOV, V. L. et al. (Eds.). Smart Universities*. Cham: Springer International Publishing, 2018. v. 70p. 161–188.

ALVES, J. E. D.; ALVES, J. E. D. Os 70 anos da ONU e a agenda global para o segundo quinquênio (2015-2030) do século XXI. *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 32, n. 3, p. 587–598, dez. 201

AL-FUQAHA, A. *et al.* Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, v. 17, n. 4, p. 2347–2376, 2015.

ALGHAMDI, A.; SHETTY, S. **Survey Toward a Smart Campus Using the Internet of Things** 2016 IEEE 4th International Conference on Future Internet of Things and Cloud (FiCloud).

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, v. 54, n. 15, p. 2787–2805, out. 2010.

BAI, X. *et al.* Urban policy and governance in a global environment: complex systems, scale mismatches and public participation. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 2, n. 3, p. 129–135, ago. 2010.

BAL, M. *et al.* **Collaborative Smart Home technologies for senior independent living: A review** Proceedings of the 2011 15th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD).

BANDARA, H. M. A. P. K. *et al.* **Smart campus phase one: Smart parking sensor network** 2016 Manufacturing & Industrial Engineering Symposium (MIES).

BARTH, M.; BURANDT, S. Adding the “e-” to Learning for Sustainable Development: Challenges and Innovation. *Sustainability*, v. 5, n. 6, p. 2609–2622, 13 jun. 2013.

BUYYA, R.; DASTJERDI, A. V. **Internet of Things: principles and paradigms**. Amsterdam Boston Heidelberg: Morgan Kaufmann, 2016.

CATĂ, M. Smart University, a new concept in the Internet of Things, in 14th RoEduNet International Conference - Networking in Education and Research (RoEduNet NER), Craiova, 2015.

COELHO, D. F. B.; CRUZ, V. H. DO N. **Edifícios Inteligentes - uma visão das tecnologias aplicadas**. 1. ed. Editora Blucher, 2017.

COCCHIA, A. Smart and Digital City: A Systematic Literature Review. *In: DAMERI, R. P.; ROSENTHAL-SABROUX, C. (Eds.). Smart City: How to Create Public and Economic Value with High Technology in Urban Space*. Progress in IS. Cham: Springer International Publishing, 2014. p. 13–43.

CHOUALI, S.; BOUKERCHE, A.; MOSTEFAOUI, A. **Towards a Formal Analysis of MQTT Protocol in the Context of Communicating Vehicles** Proceedings of the 15th ACM International Symposium on Mobility Management and Wireless Access - MobiWac '17.

CLERISSI, D. *et al.* **Towards an approach for developing and testing Node-RED IoT systems** Proceedings of the 1st ACM SIGSOFT International Workshop on Ensemble-Based Software Engineering - EnSEmble 2018.

DE ANGELIS, E. *et al.* **The Brescia Smart Campus Demonstrator. Renovation toward a zero Energy Classroom Building.** Procedia Engineering, v. 118, p. 735–743, 2015.

DEREK, T.; CLEMENTS-CROOME, J. Sustainable intelligent buildings for people: A review. **Intelligent Buildings International**, v. 3, n.2, p. 67-86, 1 abr. 2011.

DEREK, T.; CLEMENTS-CROOME, J. (ed.). (2000). **Creating the Productive Workplace: Places to Work Creatively.** 3rd edn. London & New York: Taylor & Francis.

EVANS, D. How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything. p. 11, 2011

Disponível em :

<[https://www.cisco.com/c/dam/en\\_us/about/ac79/docs/innov/IoT\\_IBSG\\_0411FINAL.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf)>

ENERSUD. **TURBINA EOLICA RAZEC 266** Enersud Energia Limpa - Sistemas de Energia Eólica e Solar RJ, 2018 Disponível em: <<http://www.enersud.com.br/produtos/turbina-eolica-razec-266/>>. Acesso em: 13 fev. 2019

FREITAS, C. M. **Protocolo Modbus: fundamentos e aplicações - Sistemas Embarcados**, 7 abr. 2014. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/protocolo-modbus/>>. Acesso em: 7 ago. 2019.

FREIMANN, A.; HAM, M.; MIJOČ, J. Measuring Objective Well-Being and Sustainable Development Management. **Journal of Knowledge Management, Economics and Information Technology**, v. 2, p. 1–29, 1 abr. 2014.

**Fronius Primo 5.0-1.** Disponível em: <<http://www.fronius.com/pt-br/brasil/energia-solar/produtos/residencial/inversor/fronius-primo/fronius-primo-5-0-1>>. Acesso em: 6 ago. 2019

GALEGALE, G. P. *et al.* Internet das Coisas aplicada a negócios – Um estudo bibliométrico. **Journal of Information Systems and Technology Management**, v. 13, n. 3, p. 423–438, 30 dez. 2016.

GUHA ROY, D. *et al.* Application-aware end-to-end delay and message loss estimation in Internet of Things (IoT) — MQTT-SN protocols. **Future Generation Computer Systems**, v. 89, p. 300–316, dez. 2018.

GHAFFARIANHOSEINI, AMIRHOSEIN *et al.* What is an intelligent building? Analysis of recent interpretations from an international perspective. **Architectural Science Review**, v. 59, n. 5, p. 338–357, 2 set. 2016.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2009.

**Ginlong.** Disponível em: [http://www.ginlong.cn/en/Wind\\_Products/GCI\\_2\\_5K\\_2G\\_W.html](http://www.ginlong.cn/en/Wind_Products/GCI_2_5K_2G_W.html)>. Acesso em: 13 fev. 2019>. Acesso em: 13 fev. 2019.

HWANG, G.-J. Definition, framework and research issues of smart learning environments - a context-aware ubiquitous learning perspective. p. 14, 2014.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Rethinking Energy 2017: accelerating the global energy transformation**. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency (IRENA), 2017.

KHANNA, A.; KAUR, S. Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 157, p. 218–231, fev. 2019.

KOLOTOUCHKINA, O.; SEISDEDOS, G. Place branding strategies in the context of new smart cities: Songdo IBD, Masdar and Skolkovo. **Place Branding and Public Diplomacy**, v. 14, n. 2, p. 115–124, maio 2018.

LEE, Y. M. *et al.* Applying science and mathematics to big data for smarter buildings: Smarter buildings. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1295, n. 1, p. 18–25, ago. 2013.

LILIS, G. *et al.* Towards the next generation of intelligent building: An assessment study of current automation and future IoT based systems with a proposal for transitional design. **Sustainable Cities and Society**, v. 28, p. 473–481, 1 jan. 2017

MAIA, A. G.; PIRES, P. DOS S. Uma compreensão da sustentabilidade por meio dos níveis de complexidade das decisões organizacionais. **RAM. Revista de Administração Mackenzie**, v. 12, n. 3, p. 177–206, jun. 2011.

MAJEED, A.; ALI, M. **How Internet-of-Things (IoT) making the university campuses smart? QA higher education (QAHE) perspective** 2018 IEEE 8th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC).

MATTONI, B. *et al.* **A matrix approach to identify and choose efficient strategies to develop the Smart Campus** 2016 IEEE 16th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC).

MAHMOUD, A.; WILLIAMS, G. Detecting, classifying, and tracing non-functional software requirements. **Requirements Engineering**, v. 21, n. 3, p. 357–381, set. 2016.

MICHAEL, F. *et al.* **Sustainability Base Graywater Recycling System** 41st International Conference on Environmental Systems.

MUHAMAD, W. *et al.* **Smart campus features, technologies, and applications: A systematic literature review** 2017 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI).

NG, J. W. P. *et al.* **The Intelligent Campus (iCampus): End-to-End Learning Lifecycle of a Knowledge Ecosystem** 2010 Sixth International Conference on Intelligent Environments.

NURSEITOV, N. *et al.* **Comparison of JSON and XML data interchange formats: A case study**. 22ND International Conference on Computer Applications in Industry and Engineering 2009.

PENG, D. *et al.* **Design and Realization of Modbus Protocol Based on Embedded Linux System** 2008 International Conference on Embedded Software and Systems Symposia.

PURVIS, B.; MAO, Y.; ROBINSON, D. Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins. **Sustainability Science**, v. 14, n. 3, p. 681–695, maio 2018

RAFTERY, A. E.; ALKEMA, L.; GERLAND, P. Bayesian Population Projections for the United Nations. **Statistical Science**, v. 29, n. 1, p. 58–68, fev. 2014.

RAMOS, P., RAMOS, M. M., & BUSNELLO, S. J. (2003). **Manual prático de metodologia da pesquisa: artigo, resenha, monografia**. Blumenau: Acadêmica Publicações.

RIBEIRO, V. B. *et al.* **Integration and intelligence for sustainability — I2S An overview of the I2S: Intelligent buildings concept from the Campos dos Goytacazes innovation hub campus** 2017 IEEE URUCON.

RIBEIRO, J. G. B. *et al.* SEBRAE IN MATO GROSSO. p. 58, 2018.

ROCHA, C.; SCHOLL, M. **Conceptual Design of an Open Source SCADA System** 2015

RUGKHAPAN, N. T.; MURRAY, M. J. Songdo IBD (International Business District): experimental prototype for the city of tomorrow? **International Planning Studies**, p. 1–21, 6 ago. 2019.

SASTRA, N. P.; WIHARTA, D. M. **Environmental monitoring as an IoT application in building smart campus of Universitas Udayana** 2016 International Conference on Smart Green Technology in Electrical and Information Systems (ICSGTEIS).

SU, K.; LI, J.; FU H. **Smart city and the applications** 2011 International Conference on Electronics, Communications and Control (ICECC).

SUN, G.; ZHOU, Y.; LI, J. **Build Smart Campus Using Human Behavioral Data** 2016 Intl IEEE Conferences on Ubiquitous Intelligence & Computing, Advanced and Trusted Computing, Scalable Computing and Communications, Cloud and Big Data Computing, Internet of People, and Smart World Congress (UIC/ATC/ScalCom/CBDCCom/IoP/SmartWorld).

SANNI, G.; JACKMAN, J. Detecting inconsistency in functional software requirements. **IEEE Annual Conference and Exposition 2005**, 1 jan. 2005.

**Ubiquiti - Simplifying IT**. Disponível em: <<https://www.ui.com/>>. Acesso em: 15 jan. 2019.

VIDIASOVA, L.; KACHURINA, P.; CRONEMBERGER, F. Smart Cities Prospects from the Results of the World Practice Expert Benchmarking. **Procedia Computer Science**, v. 119, p. 269–277, 2017.

VOS, R. O. Defining sustainability: a conceptual orientation. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology**, v. 82, n. 4, p. 334–339, abr. 2007.

XIONG, L. **A Study on Smart Campus Model in the Era of Big Data**. 2nd International Conference on Economics, Management Engineering and Education Technology (ICEMEET) v. 87, p. 4, 2016.

WANG, S.-Y. *et al.* **Performance of LoRa-Based IoT Applications on Campus** 2017 IEEE 86th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall).

WANG, H.-I. Constructing the Green Campus within the Internet of Things Architecture. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, v. 10, n. 3, p. 804627, mar. 2014.

WONG, J.; LI, H. Development of a conceptual model for the selection of intelligent building systems. **Building and Environment**, v. 41, n. 8, p. 1106–1123, ago. 2006.

## APÊNDICE A – ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Com o objetivo de identificar trabalhos, que abordam o tema campus inteligente em termos de recursos, tecnologias suportadas e arquiteturas ou modelos implementados, foi realizada uma análise bibliométrica, através da pesquisa na base de dados Scopus (Elsevier). Esta base foi escolhida por sua representatividade e abrangência, com mais de 22.000 títulos de mais de 5.000 editores e diversas áreas de conhecimento. A elaboração desta pesquisa é baseada na metodologia proposta por Costa (2010). São executadas 7 etapas descritas a seguir:

1. Definição da amostra da pesquisa;
2. Pesquisa na amostra com uso de palavras-chave e seus tesouros;
3. Análise do país de origem;
4. Autores com maior número de publicações;
5. Levantamento da cronologia da produção
6. Artigos com maior número de citações;
7. Periódicos com maior número de publicações

### Definição da Amostra

É definida como amostra os artigos indexados na base de conhecimento Scopus (Elsevier). Esta escolha se deve à representatividade e abrangência da base de dados que contém artigos de conferência, periódicos, anais, entre outros. A consulta foi realizada no dia 06 de agosto de 2019. Quanto ao recorte temporal, a pesquisa contemplou todos os anos disponíveis na base exceto o ano de 2019. Esta etapa será aplicada a todas as pesquisas realizadas neste trabalho.

### Pesquisa na amostra com uso de palavras-chave e seus tesouros

A pesquisa na amostra buscou identificar os principais modelos ou arquiteturas utilizadas na implementação de um campus inteligente, além de identificar as principais tecnologias utilizadas na sua implementação. A partir daí foram definidas as palavras-chave: *smart campus*, *architecture*, *model* e *technology*. Além das palavras-chaves, foram definidos seus tesouros e termos que também as representam na literatura. Foi realizada para fins de organização, uma classificação de cada conceito como A, B e C respectivamente. Essa classificação continuará a ser utilizada no decorrer deste trabalho.

Após a definição dos conceitos utilizados foi formulada e realizada a pesquisa na base *Scopus*. A pesquisa inclui o corte de tipo de trabalho, considerando apenas os artigos de periódicos e de conferências de todos os anos contidos na base exceto 2019 foram encontrados **97** artigos, conforme o Quadro 12.

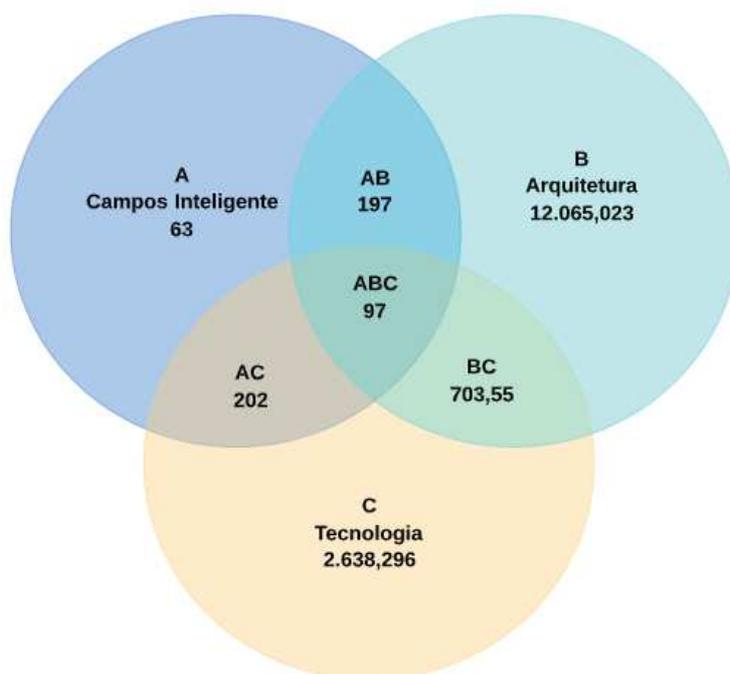
Quadro 12 - Pesquisa na base de conhecimento Scopus

( TITLE-ABS-KEY	
"smart campus" OR "intelligent campus" OR "intelligent university "OR "smart	
university" )	#Conceito A
AND TITLE-ABS-KEY	
( "model" OR "concept" OR "architecture" )	#Conceito B
AND TITLE-ABS-KEY	
("technology" )	#Conceito C
AND	
( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "cp " )	#Corte de tipo
OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , " ar " ) )	
AND ( EXCLUDE ( PUBYEAR , 2019 ) )	# Corte ano

Fonte: O autor (2018)

Além da pesquisa apresentada no Quadro 12, também foram realizadas outras buscas na base *Scopus*, combinando outros conceitos.

Figura 67- Diagrama de *Venn*



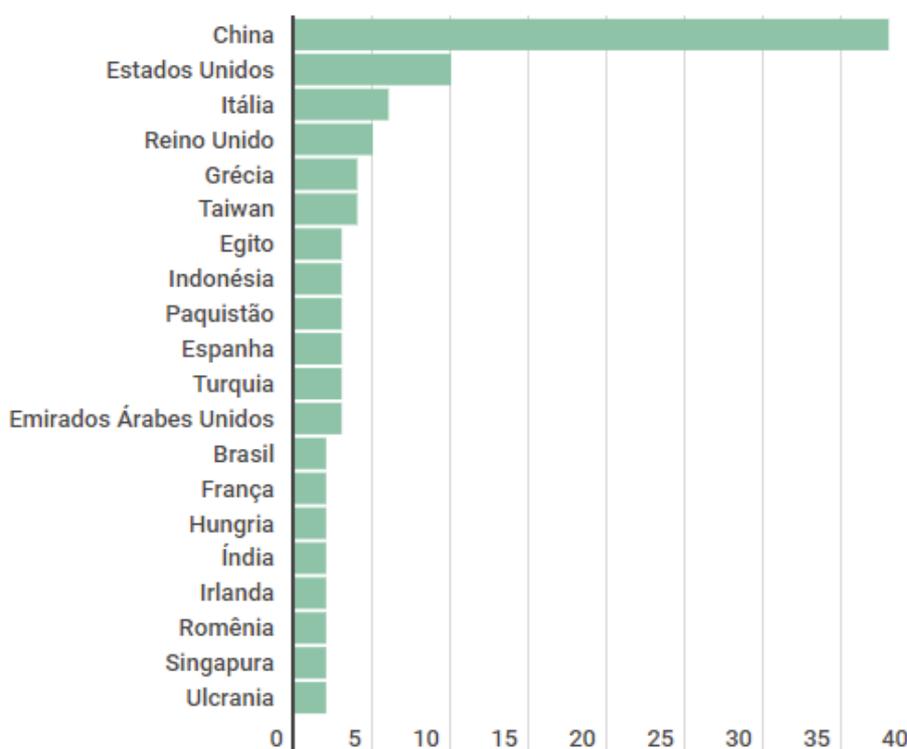
Fonte: O autor (2018)

No total foram formuladas e executadas 7 pesquisas. O diagrama de *Venn* apresentado na Figura 26 apresenta a quantidade de trabalhos encontrados com todas as combinações possíveis utilizando os três conceitos.

### Análise do país de origem

O Gráfico 5 apresenta uma análise dos principais países de origem das publicações, tendo sido considerados os países que possuem no mínimo 2 publicações. A China é o país com maior representatividade, pois apresenta 38 publicações, os Estados Unidos é o segundo maior país com 10 publicações e a Itália é o terceiro maior com 6 publicações. O Reino Unido apresenta 5 publicações, Grécia e Taiwan apresentam 4 publicações cada, países como o Egito, Indonésia, Paquistão, Espanha, Turquia e Emirados Árabes Unidos apresentam 3 publicações cada. O Brasil está na 13ª posição com apenas 2 publicações. A China se destaca, devido ao seu avanço tecnológico, o que transforma o país em uma potência de inovação.

Gráfico 5 - Artigos analisados por país de origem das publicações

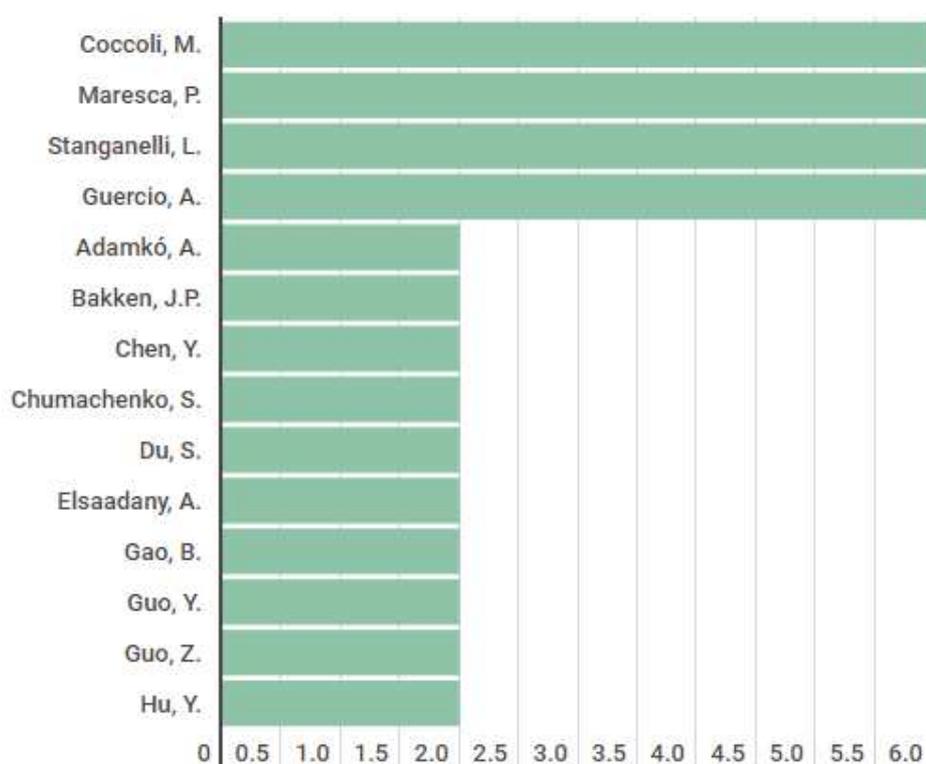


Fonte: Adaptado da base do Scopus Elsevier (2018)

## Autores com maior número de publicações

No Total foram identificados 153 autores. O Gráfico 7, contempla os 15 autores que possuem o maior número de publicações, os autores: Coccoli, M., Maresca, P., Stanganelli, L. e o Guercio, A. são da Itália e se destacam em termos de número de publicações, com 6 artigos cada. Embora o país com maior número de publicações seja a China, a Itália se destaca por ter os 4 autores com maior número de publicações sobre a temática da pesquisa. Os demais autores possuem 2 artigos cada.

Gráfico 6 - Relação de autores e publicações



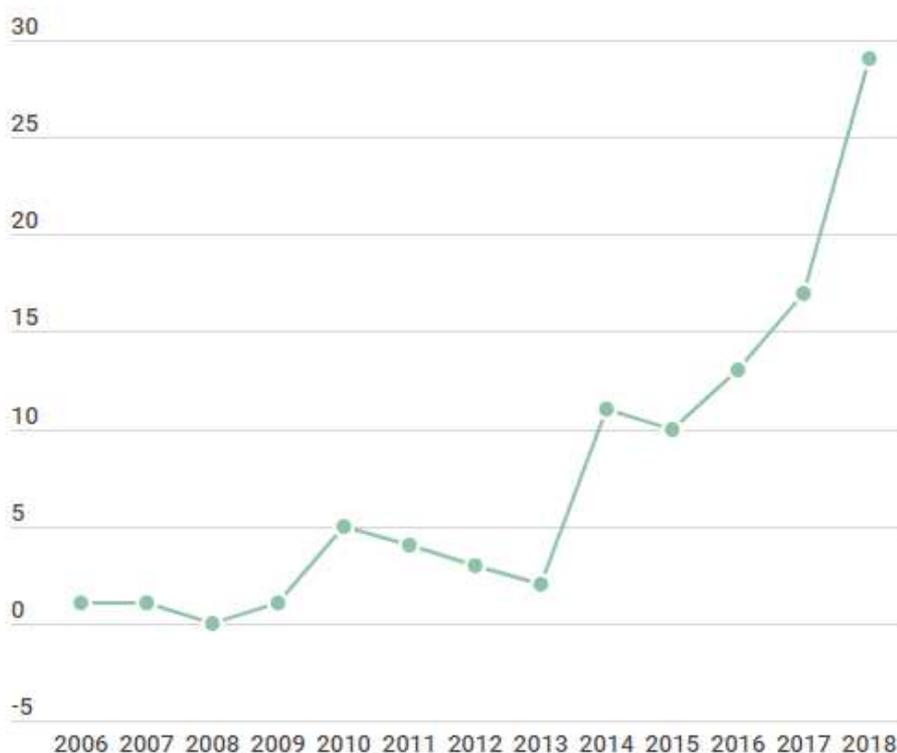
Fonte: Adaptado da base Scopus Elsevier (2018)

## Levantamento da cronologia da produção

Para a análise da produção foram consideradas as pesquisas realizadas no *Scopus* que combinaram os conceitos ABC. O corte temporal foi realizado a partir de 2006 a 2018 o ano de 2019 não foi incluído por não estar consolidado. Com base no Gráfico 3, é possível observar que as publicações entre os anos de 2006 e 2009 foram bastante modestas, a partir de 2010 cresceu de forma gradativa, isso mostra que o tema da pesquisa é relativamente novo, e vem ganhando fôlego ao longo dos anos. Observa-se um aumento mais significativo na produção

científica a partir do ano de 2014 com 11 publicações, no ano de 2015 houve uma leve redução com 10 publicações. Em 2018 há um pico, com 29 publicações. O Gráfico 8 reforça a ideia de que o tema da pesquisa só tende a crescer, pois ainda há muito o que explorar.

Gráfico 7 - Cronologia da produção



Fonte: Adaptado da base Scopus Elsevier (2018)

### Identificação dos artigos com maior número de citações

Nesta etapa da pesquisa foram identificados os artigos mais relevantes, de acordo com a temática da pesquisa e que apresentam o maior número de citações. O Quadro 13 apresenta a relação dos 13 artigos mais relevantes e mais citados.

Quadro 13 - Artigos com maior número de citações

Nome do Artigo	Autores	Ano	Origem	Nº de Citações
Future Internet: The Internet of Things	Tan, L., Wang, N.	2010	ICACTE 2010 - 2010 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering, Proceedings	335

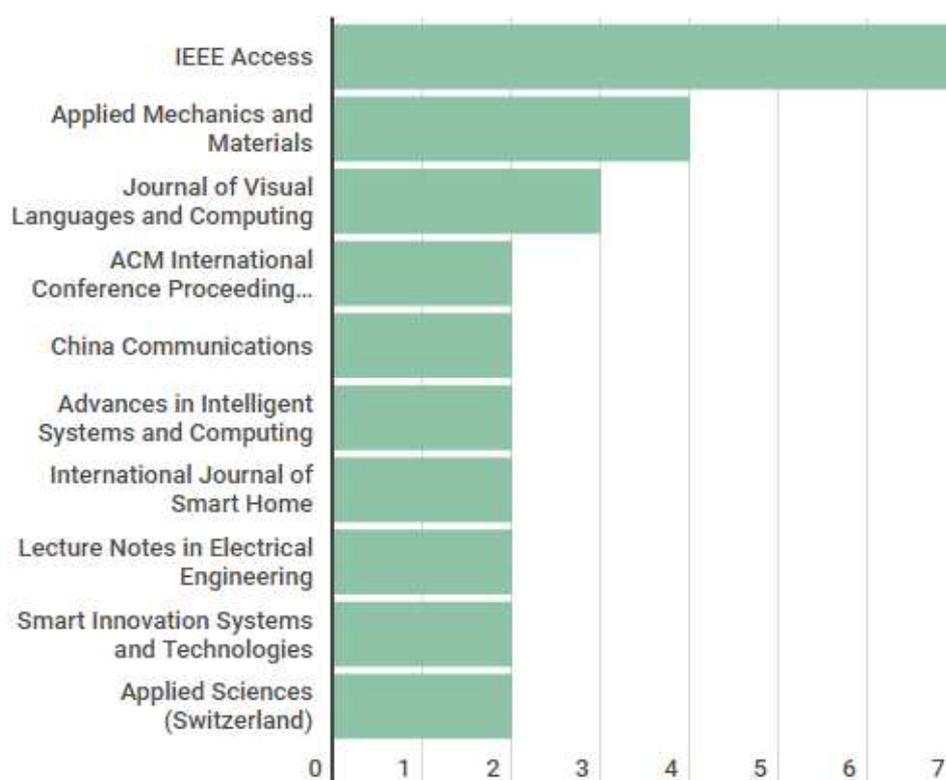
Smarter universities: A vision for the fast changing digital era	Coccoli, M., Guercio, A., Maresca, P., Stanganelli, L.	2014	Journal of Visual Languages and Computing	75
Educational living labs: A novel internet-of-things based approach to teaching and research	Chin, J., Callaghan, V.	2013	Proceedings - 9th International Conference on Intelligent Environments, IE 2013	28
The smart university experience: An NFC-based ubiquitous environment	Bueno-Delgado, M.V., Pavón-Marino, P., De-Gea-García, A., Dolón-García, A.	2012	Proceedings - 6th International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing, IMIS 2012	28
Smart CEI moncloa: An iot-based platform for people flow and environmental monitoring on a Smart University Campus	Alvarez-Campana, M., López, G., Vázquez, E., Villagrà, V.A., Berrocal, J.	2017	Sensors (Switzerland)	16
System architecture for a smart university building	Stavropoulos, T.G., Tsioliaridou, A., Koutitas, G., Vrakas, D., Vlahavas, I.	2010	Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)	14
Application of ambient intelligence in educational institutions: Visions and architectures	Bureš, V., Tučník, P., Mikulecký, P., Mls, K., Blecha, P.	2016	International Journal of Ambient Computing and Intelligence	13
An experience of collaboration using a PaaS for the smarter university model	Coccoli, M., Maresca, P., Stanganelli, L., Guercio, A.	2015	Journal of Visual Languages and Computing	12
Smart campus features, technologies, and applications: A systematic literature review	Muhamad, W., Kurniawan, N.B., Suhardi, S., Yazid, S.	2018	2017 International Conference on Information Technology Systems and Innovation, ICITSI 2017 - Proceedings	11
A system model and applications for intelligent campuses	Adamkó, A., Kollár, L.	2014	INES 2014 - IEEE 18th International Conference on Intelligent Engineering Systems, Proceedings	9

Fonte: Adaptado da base Scopus Elsevier (2018).

## Identificação dos veículos de comunicação com maior número de publicações

Nesta seção são apresentados os 10 veículos de comunicação com o maior número de publicações. Foram identificados 78 veículos de comunicação entre periódicos e anais de conferência na base, de acordo com a busca realizada. O Gráfico 9 apresenta o título do periódico ou conferência com a respectiva quantidade de artigos sobre o tema publicado.

Gráfico 8 - Quantidade de artigos por veículo de comunicação



Fonte: Adaptado da base Scopus Elsevier (2018).

Ao analisar o Gráfico 4, é possível identificar que os dois periódicos, *IEEE Access* e *Applied Mechanics and Materials*, representam, juntos, aproximadamente do total de 97 artigos encontrados na pesquisa, o que significa que são periódicos que devem ser monitorados por apresentarem uma atuação maior na área de pesquisa analisada.

## Considerações Finais

Além de trazer o conhecimento sobre as publicações mais citadas e autores com mais artigos publicados, este trabalho demonstra campus inteligente, é um tema ainda em exploração no Brasil, mas em países com a China e Itália já é uma realidade.

## APÊNDICE B – ENDEREÇOS DOS REGISTRADORES NO BARRAMENTO MODBUS

Endereços dos registradores no barramento Modbus referentes aos inversores Fronius (geração solar fotovoltaica)

O Quadros 14, 15, 16, 17 e 18 apresentam os endereços dos registradores no barramento ModBus, referentes aos inversores Fronius 1, 2, 3,4 e 5 denominados respectivamente F1-JIT201, F2-JIT202, F3-JIT203, F4-JIT204 e F5-JIT205.

Quadro 14 - Endereços dos registradores do inversor F1-JIT201 no barramento ModBus

INVERSOR F1 - JIT201	END. MODBUS	WORD	VARIÁVEL	DESCRIÇÃO
	0	Parte alta em Wh	YEAR_ENERGY	Total de energia
	1	Parte baixa em Wh		
	2	Parte alta em Wh	PAC	Valor instantâneo
	3	Parte baixa em Wh		
	4	Parte alta em Wh	DAY_ENERGY	Valor totalizado do dia
	5	Parte baixa em Wh		
	6	Parte alta em Wh	TOTAL_ENERGY	Valor totalizado do ano
	7	Parte baixa em Wh		
	8	Parte alta em Wh	TOTAL_MONTH	Valor totalizado do mês
9	Parte baixa em Wh			

Fonte: O autor (2019)

Quadro 15 - Endereços dos registradores no barramento ModBus referentes ao inversor F2-JIT202

INVERSOR F2 - JIT202	END. MODBUS	WORD	VARIÁVEL	DESCRIÇÃO
	10	Parte alta em Wh	YEAR_ENERGY	Total de energia
	11	Parte baixa em Wh		
	12	Parte alta em Wh	PAC	Valor instantâneo
	13	Parte baixa em Wh		
	14	Parte alta em Wh	DAY_ENERGY	Valor totalizado do dia
	15	Parte baixa em Wh		
	16	Parte alta em Wh	TOTAL_ENERGY	Valor totalizado do ano
	17	Parte baixa em Wh		
	18	Parte alta em Wh	TOTAL_MONTH	Valor totalizado do mês
19	Parte baixa em Wh			

Fonte: O autor (2019)

Quadro 16 - Endereços dos registradores no barramento ModBus, referentes ao inversor F3-JIT203

INVERSOR F3 - JIT203	END. MODBUS	WORD	VARIÁVEL	DESCRIÇÃO
	20	Parte alta em Wh	YEAR_ENERGY	Total de energia
	21	Parte baixa em Wh		
	22	Parte alta em Wh	PAC	Valor instantâneo
	23	Parte baixa em Wh		
	24	Parte alta em Wh	DAY_ENERGY	Valor totalizado do dia
	25	Parte baixa em Wh		
	26	Parte alta em Wh	TOTAL_ENERGY	Valor totalizado do ano
	27	Parte baixa em Wh		
28	Parte alta em Wh	TOTAL_MONTH	Valor totalizado do mês	
29	Parte baixa em Wh			

Fonte: O autor (2019)

Quadro 17 - Endereços dos registradores no barramento ModBus, referentes ao inversor F4-JIT204

INVERSOR F4 - JIT204	END. MODBUS	WORD	VARIÁVEL	DESCRIÇÃO
	30	Parte alta em Wh	YEAR_ENERGY	Total de energia
	31	Parte baixa em Wh		
	32	Parte alta em Wh	PAC	Valor instantâneo
	33	Parte baixa em Wh		
	34	Parte alta em Wh	DAY_ENERGY	Valor totalizado do dia
	35	Parte baixa em Wh		
	36	Parte alta em Wh	TOTAL_ENERGY	Valor totalizado do ano
	37	Parte baixa em Wh		
38	Parte alta em Wh	TOTAL_MONTH	Valor totalizado do mês	
39	Parte baixa em Wh			

Fonte: O autor (2019)

Quadro 18 - Endereços dos registradores no barramento ModBus referentes ao inversor F5-JIT205

<b>END. MODBUS</b>	<b>WORD</b>	<b>VARIÁVEL</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	
<b>INVERSOR F5 - JIT205</b>	40	Parte alta em Wh	YEAR_ENERGY	Total de energia
	41	Parte baixa em Wh		
	42	Parte alta em Wh	PAC	Valor instantâneo
	43	Parte baixa em Wh		
	44	Parte alta em Wh	DAY_ENERGY	Valor totalizado do dia
	45	Parte baixa em Wh		
	46	Parte alta em Wh	TOTAL_ENERGY	Valor totalizado do ano
	47	Parte baixa em Wh		
	48	Parte alta em Wh	TOTAL_MONTH	Valor totalizado do mês
	49	Parte baixa em Wh		

Fonte: O autor (2019)

### Endereços dos registradores no barramento Modbus, referentes aos inversores da Ginlong (geração eólica)

Os Quadros 19, 20 e 21 apresentam os endereços no barramento Modbus, referentes aos inversores Ginlong 1, 2 e 3 denominados respectivamente G1-JIT211, G2-JIT212 e G3-JIT213.

Quadro 19 - Endereços dos registradores no barramento Modbus, referentes ao inversor G1-JIT211

<b>END. MODBUS</b>	<b>WORD</b>	<b>VARIÁVEL</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	
<b>INVERSOR G3- JIT203</b>	50	Parte alta em Wh	PAC	Valor instantâneo
	51	Parte baixa em Wh		
	52	Parte alta em Wh	DAY_ENERGY	Valor totalizado do dia
	53	Parte baixa em Wh		
	54	Parte alta em Wh	MONTH_ENERGY	Valor totalizado do mês
	55	Parte baixa em Wh		
	56	Parte alta em Wh	TOTAL_ENERGY	Valor totalizado do ano
	57	Parte baixa em Wh		
	58	Parte alta em Wh	YEAR_ENERGY	Total de energia
	59	Parte baixa em Wh		

Fonte: O autor (2019)

Quadro 20 - Endereços dos registradores no barramento ModBus, referentes ao inversor G2-JIT212

INVERSOR G2-JIT212	END. MODBUS	WORD	VARIÁVEL	DESCRIÇÃO
	60	Parte alta em Wh	PAC	Valor instantâneo
	61	Parte baixa em Wh		
	62	Parte alta em Wh	DAY_ENERGY	Valor totalizado do dia
	53	Parte baixa em Wh		
	64	Parte alta em Wh	MONTH_ENERGY	Valor totalizado do mês
	65	Parte baixa em Wh		
	66	Parte alta em Wh	TOTAL_ENERGY	Valor totalizado do ano
	67	Parte baixa em Wh		
	68	Parte alta em Wh	YEAR_ENERGY	Total de energia
69	Parte baixa em Wh			

Fonte: O autor (2019)

Quadro 21 - Endereços dos registradores no barramento ModBus referentes ao inversor G3-JIT213

INVERSOR G3-JIT213	END. MODBUS	WORD	VARIÁVEL	DESCRIÇÃO
	70	Parte alta em Wh	PAC	Valor instantâneo
	71	Parte baixa em Wh		
	72	Parte alta em Wh	DAY_ENERGY	Valor totalizado do dia
	73	Parte baixa em Wh		
	74	Parte alta em Wh	MONTH_ENERGY	Valor totalizado do mês
	75	Parte baixa em Wh		
	76	Parte alta em Wh	TOTAL_ENERGY	Valor totalizado do ano
	77	Parte baixa em Wh		
	78	Parte alta em Wh	YEAR_ENERGY	Total de energia
79	Parte baixa em Wh			

Fonte: O autor (2019)

Endereços dos registradores no barramento Modbus, referentes aos medidores de eletrônicos de energia

Os endereços dos registradores no barramento Modbus relacionados aos medidores eletrônicos de energia, instalados no bloco A, B, C, oficina e área externa, além da guarita podem ser visualizados nos Quadros 22, 23, 24, 25 e 26 respectivamente.

Quadro 22 - Endereços dos registradores no barramento Modbus, referentes aos medidores eletrônicos de consumo de energia, localizados no bloco A

<b>BLOCO A JT301+ JT302+ JT303</b>	<b>END. MODBUS</b>	<b>WORD</b>	<b>VARIÁVEL</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
	100	Parte alta em kWh	PAC	Valor instantâneo
	101	Parte baixa em kWh		
	102	Parte alta em kWh	DAY_ENERGY	Valor totalizado do dia
	103	Parte baixa em kWh		
	104	Parte alta em kWh	TOTAL_MONTH	Valor totalizado do mês
	105	Parte baixa em kWh		
	106	Parte alta em kWh	YEAR_ENERGY	Valor totalizado do ano
	107	Parte baixa em kWh		
108	Parte alta em kWh	TOTAL_ENERGY	Total de energia	
109	Parte baixa em kWh			

Fonte: O autor (2019)

Quadro 23 - Endereços dos registradores no barramento Modbus, referentes aos medidores eletrônicos de consumo de energia, localizados B

<b>BLOCO B - JT304+ JT305+ JT306</b>	<b>END. MODBUS</b>	<b>WORD</b>	<b>VARIÁVEL</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
	110	Parte alta em kWh	PAC	Valor instantâneo
	111	Parte baixa em kWh		
	112	Parte alta em kWh	DAY_ENERGY	Valor totalizado do dia
	113	Parte baixa em kWh		
	114	Parte alta em kWh	TOTAL_MONTH	Valor totalizado do mês
	115	Parte baixa em kWh		
	116	Parte alta em kWh	YEAR_ENERGY	Valor totalizado do ano
	117	Parte baixa em kWh		
118	Parte alta em kWh	TOTAL_ENERGY	Total de energia	
119	Parte baixa em kWh			

Fonte: O autor (2019)

Quadro 24 - Endereços dos registradores no barramento Modbus, referentes aos medidores eletrônicos de consumo de energia, localizados C

<b>BLOCO C JT310+ JT311+ JT312</b>	<b>END. MODBUS</b>	<b>WORD</b>	<b>VARIÁVEL</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
	120	Parte alta em Kw	PAC	Valor instantâneo
	121	Parte baixa em kWh		
	122	Parte alta em kWh	DAY_ENERGY	Valor totalizado do dia
	123	Parte baixa em kWh		
	124	Parte alta em kWh	TOTAL_MONTH	Valor totalizado do mês
	125	Parte baixa em kWh		
	126	Parte alta em kWh	YEAR_ENERGY	Valor totalizado do ano
	127	Parte baixa em kWh		
128	Parte alta em kWh	TOTAL_ENERGY	Total de energia	
129	Parte baixa em kWh			

Fonte: O autor (2019)

Quadro 25 - Endereços dos registradores no barramento Modbus, referentes aos medidores eletrônicos de consumo de energia, localizados na área externa

<b>OFICINA E ÁREA EXTERNA JT315+JT316+JT317 JT318+ JT319+JT320</b>	<b>END. MODBUS</b>	<b>WORD</b>	<b>VARIÁVEL</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
	130	Parte alta em kW	PAC	Valor instantâneo
	131	Parte baixa em kWh		
	132	Parte alta em kWh	DAY_ENERGY	Valor totalizado do dia
	133	Parte baixa em kWh		
	134	Parte alta em kWh	TOTAL_MONTH	Valor totalizado do mês
	135	Parte baixa em kWh		
	136	Parte alta em kWh	YEAR_ENERGY	Valor totalizado do ano
	137	Parte baixa em kWh		
138	Parte alta em kWh	TOTAL_ENERGY	Total de energia	
139	Parte baixa em kWh			

Fonte: O autor (2019)

Quadro 26 - Endereços dos registradores no barramento Modbus, referentes aos somatórios dos dados dos medidores de energia

<b>SOMATÓRIO DE TODOS OS TOTAIS</b>	<b>END. MODBUS</b>	<b>WORD</b>	<b>VARIÁVEL</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	
	150 151	Parte alta em kWh	PAC		Somatório de todos os valores instantâneos
		Parte baixa em kWh			
	154 155	Parte alta em kWh	DAY_ENERGY		Somatório de todos os totais do dia
		Parte baixa em kWh			
	156 157	Parte alta em kWh	TOTAL_MONTH		Somatório de todos os totais do mês
		Parte baixa em kWh			
	158 159	Parte alta em kWh	YEAR_ENERGY		Somatório de todos os totais do ano
Parte baixa em kWh					
152 153	Parte alta em kWh	TOTAL_ENERGY		Somatório de todos os totais	
	Parte baixa em kWh				

Fonte: O autor (2019)

Quadro 27 - Endereços dos registradores no barramento Modbus, referentes aos medidores eletrônicos de energia, localizados na guarita

<b>GUARITA</b>	<b>END. MODBUS</b>	<b>WORD</b>	<b>VARIÁVEL</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	
	140 141	Parte alta em kWh	PAC		Valor instantâneo
		Parte baixa em kWh			
	142 143	Parte alta em kWh	DAY_ENERGY		Valor totalizado do dia
		Parte baixa em kWh			
	144 145	Parte alta em kWh	TOTAL_MONTH		Valor totalizado do mês
		Parte baixa em kWh			
	146 147	Parte alta em kWh	YEAR_ENERGY		Valor totalizado do ano
Parte baixa em kWh					
148 149	Parte alta em kWh	TOTAL_ENERGY		Total de energia	
	Parte baixa em kWh				

Fonte: O autor (2019)

Quadro 28 - Endereços dos registradores Modbus dos somatórios dos PACs e Totais dos medidores eletrônicos de energia

<b>END. MODBUS</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
150	Somatório de todos os PAC's parte alta
151	Somatório de todos os PAC's parte alta
152	Somatório de todos os TOTAIS parte alta
153	Somatório de todos os TOTAIS parte baixa

Fonte: O autor (2019)

## Endereços dos registradores no barramento ModBus referentes aos medidores de eletrônicos de água

O Quadro 29 apresenta os endereços no barramento ModBus referentes aos medidores eletrônicos de vazão de água.

Quadro 29 – Endereços dos registradores Modbus dos medidores eletrônicos de vazão de água

END. MODBUS	WORD	DESCRIÇÃO
200	FIT101 parte alta	Vazão instantânea em m <sup>3</sup> /h
201	FIT101 parte baixa	
202	FIT101 parte alta	Vazão totalizada em m <sup>3</sup>
203	FIT101 parte baixa	
204	FIT102 parte alta	Vazão instantânea em m <sup>3</sup> /h
205	FIT102 parte baixa	
206	FIT102 parte alta	Vazão totalizada em m <sup>3</sup>
207	FIT102 parte baixa	
208	FIT103 parte alta	Vazão instantânea em m <sup>3</sup> /h
209	FIT103 parte baixa	
210	FIT103 parte alta	Vazão totalizada em m <sup>3</sup>
211	FIT103 parte baixa	
212	FIT104 parte alta	Vazão instantânea em m <sup>3</sup> /h
213	FIT104 parte baixa	
214	FIT104 parte alta	Vazão totalizada em m <sup>3</sup>
215	FIT104 parte baixa	
216	FIT105 parte alta	Vazão instantânea em m <sup>3</sup> /h
217	FIT105 parte baixa	
218	FIT105 parte alta	Vazão totalizada em m <sup>3</sup>
219	FIT105 parte baixa	

Fonte: O autor (2019)

## Endereços dos registradores no barramento Modbus, referentes aos dos cálculos de rendimento, economia e outros

O Quadro 30 apresenta os endereços no barramento Modbus referentes aos cálculos de rendimento, economia etc.

Quadro 30 - Endereçamento Modbus dos cálculos de rendimento, economia e outros

END. MODBUS	WORD	VARIÁVEL	DESCRIÇÃO
300 301	Parte alta em Wh Parte baixa em Wh	geracaoTotalEnergy	Geração total de energia
302 303	Parte alta em R\$ Parte baixa em R\$	rendimentoTotalEnergy	Rendimento total de energia
304 305	Parte alta em Wh Parte baixa em Wh	geracaoYearEnergy	Geração anual de energia
306 307	Parte alta em R\$ Parte baixa em R\$	rendimentoYearEnergy	Rendimento anual de energia
308 309	Parte alta em Wh Parte baixa em Wh	geracaoMonthEnergy	Geração mensal
310 311	Parte alta em R\$ Parte alta em R\$	rendimentoMonthEnergy	Rendimento mensal
312 313	Parte alta em Wh Parte baixa em Wh	geracaoDayEnergy	Geração diária
314 315	Parte alta em R\$ Parte baixa em R\$	rendimentoDayEnergy	Rendimento diária
316 317	Parte alta Parte baixa	economiaTotalTonCO2	Economia em toneladas CO2
318 319	Parte alta Parte baixa	economiaTotalArvores	Economia em arvores
320 321	Parte alta W Parte baixa W	consumoPACEnergy	Consumo instantâneo de energia
322 323	Parte alta Wh Parte baixa Wh	consumoDayEnergy	Consumo diário de energia
324 325	Parte alta Wh Parte baixa Wh	consumoMonthEnergy	Consumo mensal de energia
326 327	Parte alta Wh Parte baixa Wh	consumoYearEnergy	Consumo anual de energia
328 329	Parte alta Wh Parte baixa Wh	consumoTotalEnergy	Consumo total de energia

Fonte: O autor (2019)

### Endereços dos registradores no barramento Modbus relacionados à conectividade e diagnóstico do sistema web de monitoramento

O Quadro 31 apresenta os endereços dos registradores no barramento Modbus relacionados à conectividade e diagnóstico do sistema de monitoramento I2S.

Quadro 31 - Endereços dos registradores no barramento Modbus relacionados à conectividade e diagnóstico

<b>END. MODBUS</b>	<b>BIT</b>	<b>END. IP</b>	<b>DESTINO</b>
400	0	10.80.0.88	Inversor Fronius 1
	1	10.80.0.88	Inversor Fronius 2
	2	10.80.0.88	Inversor Fronius 3
	3	10.80.0.88	Inversor Fronius 4
	4	10.80.0.84	Inversor Fronius 5
	5	10.80.0.27	Inversor Ginlong 1
	6	10.80.0.12	Inversor Ginlong 2
401	0	10.80.0.110	Medidor de energia 1 bloco A
	1	10.80.0.111	Medidor de energia 2 bloco A
	2	10.80.0.112	Medidor de energia 3 bloco A
	3	10.80.0.113	Medidor de energia 1 bloco B
	4	10.80.0.114	Medidor de energia 2 bloco B
	5	10.80.0.115	Medidor de energia 3 bloco B
	6	10.80.0.116	Medidor de energia 1 bloco C
	7	10.80.0.117	Medidor de energia 2 bloco C
	8	10.80.0.118	Medidor de energia 3 bloco C
	9	10.80.0.119	Medidor de energia 1 Guarita
	10	10.80.0.120	Medidor de energia 2 Guarita
	11	10.80.0.121	Medidor de energia 3 Guarita
	12	10.80.0.122	Medidor de energia 1 Oficina
	13	10.80.0.123	Medidor de energia 2 Oficina
	14	10.80.0.124	Medidor de energia 3 Oficina
15	10.80.0.125	Medidor de energia 1 Área externa	
402	0	10.80.0.126	Medidor de energia 2 Área externa
	1	10.80.0.127	Medidor de energia 3 Área externa
403	0	10.80.0.129	Controlador ETA
	1	10.80.0.130	Medidor de vazão ETA
	2	10.80.0.131	Medidor de eletrônico de água bloco A
	3	10.80.0.132	Medidor de vazão bloco B
	4	10.80.0.133	Medidor de vazão bloco C
	5	10.80.0.134	Medidor de vazão Guarita

Fonte: O autor (2019)

## APÊNDICE C – LISTA E LEVANTAMENTO DO CUSTO DOS MATERIAIS UTILIZADOS NOS MEDIDORES ELETRÔNICOS DE CONSUMO DE ENERGIA E DOS MEDIDORES ELETRÔNICOS DE VAZÃO DE ÁGUA

A lista de materiais e custo total do medidor eletrônico de consumo de energia pode ser visualizada no Quadro 32.

Quadro 32 - Lista e levantamento de custo dos materiais utilizados no medidor eletrônico de energia

ITEM	MATERIAL	QTD	VLR UN.	TOTAL
1	Capacitor 1000 uF (micro fase)	1	R\$ 1,99	R\$ 1,99
2	Capacitor 100 uF	1	R\$ 0,21	R\$ 0,21
3	Capacitor 2,2 Uf	1	R\$ 0,28	R\$ 0,28
4	Capacitor 47 Uf	1	R\$ 0,36	R\$ 0,36
5	Caixa plástica para montagem de circuitos eletrônicos	1	R\$ 30,00	R\$ 30,00
6	Conversor analógico digital ADS1115	1	R\$ 31,27	R\$ 31,27
7	Diodo 1N4007	5	R\$ 0,12	R\$ 0,60
8	Fusível 5 <sup>a</sup>	3	R\$ 0,13	R\$ 0,39
9	Led difuso vermelho 5mm	1	R\$ 0,27	R\$ 0,27
10	Led difuso verde 5mm	1	R\$ 0,27	R\$ 0,27
11	NodeMCU ESP8266	1	R\$ 33,04	R\$ 33,04
12	Placa de cobre afenolite 20x20	1	R\$ 4,95	R\$ 4,95
13	Resistor 1 ohm 10W	1	R\$ 2,50	R\$ 2,50
14	Resistor 1k ohm 1/8W	4	R\$ 0,11	R\$ 0,44
15	Resistor 10 kohm 1/8	1	R\$ 0,11	R\$ 0,11
16	Resistor 220 ohms ¼	1	R\$ 0,33	R\$ 0,33
17	Resistor 4,7 kohm 1/8	2	R\$ 0,19	R\$ 0,38
18	Resistor 22 kohm	1	R\$ 0,19	R\$ 0,19
19	Resistor 560 ohms 1/8	1	R\$ 0,07	R\$ 0,07
20	Socket macho 40 pinos	1	R\$ 1,28	R\$ 1,28
21	Socket fêmea barra de 40 pinos	1	R\$ 4,04	R\$ 4,04
22	Transformador 110v – 12V +12V 300mA	1	R\$ 19,11	R\$ 19,11
23	Trimpot 1k	1	R\$ 1,32	R\$ 1,32
24	Transformador de corrente bipartido 100A/1V	1	R\$ 41,99	R\$ 41,99
<b>CUSTO TOTAL</b>				<b>R\$ 175,39</b>

Fonte: O autor (2019)

A lista de materiais e custo total do medidor eletrônico de vazão de água pode ser visualizada no Quadro 33.

Quadro 33 – Lista e levantamento de custo dos materiais utilizados no medidor eletrônico de vazão de água

ITEM	MATERIAL	QTD	VLR UN.	TOTAL
1	Barra de pinos Estampada 90°	1	R\$ 1,52	R\$ 1,52
2	Capacitor SMD 470pF 50v	1	R\$ 0,33	R\$ 0,33
3	Capacitor SMD 100nF 50v	1	R\$ 0,41	R\$ 0,41
4	Capacitor Eletrolítico SMD 16V 100uF	1	R\$ 0,61	R\$ 0,61
5	Chave Táctil 4T PT	1	R\$ 0,13	R\$ 0,13
6	Display OLED 128x64	1	R\$ 43,26	R\$ 43,26
7	Esp12 E/F	1	R\$ 25,54	R\$ 25,54
8	LED SMD 0805 Vermelho 50~80MCD 120°	1	R\$ 0,36	R\$ 0,36
9	LED SMD 0805 Verde 18~45MCD 120	1	R\$ 0,57	R\$ 0,57
10	MICUSB-B5NS - Conector USB Micro-B para SMD	1	R\$ 4,93	R\$ 4,93
11	Porta Fusível meio de Fio 6x30 F103C	1	R\$ 0,94	R\$ 0,94
12	Porta Fusível para Pannel BF-020	1	R\$ 1,52	R\$ 1,52
13	Resistor SMD 68Ohms	1	R\$ 0,27	R\$ 0,27
14	Resistor SMD 220Ohms	1	R\$ 0,27	R\$ 0,27
15	Regulador de Tensão Low-Dropout LM1117MPX-3.3 SMD	1	R\$ 1,12	R\$ 1,12
16	Resistor MR25 5,62 KOhms	1	R\$ 0,26	R\$ 0,26
17	Resistor PR01 150 KOhms	1	R\$ 0,04	R\$ 0,04
18	Resistor MR25 120 Ohms	1	R\$ 0,17	R\$ 0,17
19	Resistor MR25 237 Ohms	1	R\$ 0,17	R\$ 0,17
20	Resistor MR25 475 Ohms	1	R\$ 0,17	R\$ 0,17
21	Resistor SMD 1KOhms	1	R\$ 0,20	R\$ 0,20
22	Resistor SMD 12KOhms	1	R\$ 0,23	R\$ 0,23
23	RTC DS1307	1	R\$ 19,86	R\$ 19,86
24	Sensor de vazão	1	R\$ 26,33	R\$ 26,33
			<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>R\$ 129,21</b>

Fonte: O autor (2019)