

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

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

**VITOR BASTOS RIBEIRO**

**SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA A ARQUITETURA I2S -  
INTEGRAÇÃO E INTELIGÊNCIA PARA SUSTENTABILIDADE**

**Campos dos Goytacazes/RJ**

**2018**

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

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

**VITOR BASTOS RIBEIRO**

**SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA A ARQUITETURA I2S -  
INTEGRAÇÃO E INTELIGÊNCIA PARA SUSTENTABILIDADE**

**Orientador: Rogerio Atem de Carvalho**

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.

Campos dos Goytacazes, RJ

2018

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

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

**VITOR BASTOS RIBEIRO**

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.

Aprovado em 30/05/2018

Banca Examinadora:

---

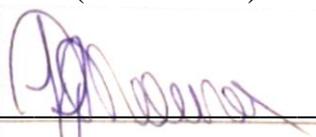


D.Sc. Rogerio Atem de Carvalho.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense - RJ

(Orientador)

---



D.Sc. Luiz Gustavo Lourenço Moura

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense- RJ

---



D.Sc. Rodrigo Martins Fernandes

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense- RJ

## RESUMO

Com a crescente preocupação com as mudanças climáticas e a necessidade de utilização de recursos de forma mais eficiente e sustentável, a demanda por tecnologias capazes de gerenciar os recursos disponíveis ficam cada vez mais em evidência, como o conceito de prédios inteligentes. Os prédios inteligentes visam gerenciar recursos de forma a atender a necessidade de seus ocupantes de maneira que satisfaçam também as necessidades de consumo sustentável de recursos. Almejando implantar o conceito de prédios inteligente no Polo de Inovação de Campos dos Goytacazes (PICG), o presente trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema supervisor e fazer a integração dos sensores instalados no campus, possibilitando o gerenciamento de todos os dados coletados pelo sistema. A pesquisa aplicada, em função de seu objetivo, é exploratória, apresentando os principais aspectos teóricos relacionados a prédios inteligentes. O sistema de supervisão foi desenvolvido no software *myDESIGNER*, possibilitando monitorar e integrar as informações geradas nos 5 (cinco) subsistemas: Subsistema de Fornecimento de Energia, Subsistema de Consciência Ambiental, Subsistema da Estação de Tratamento de Esgoto, Subsistema da Estação de Tratamento de Água e o Subsistema de Monitoramento de Recursos. Os dados coletados pelo sistema do campus inteligente serão disponibilizados aos usuários através de um painel de monitoramento e de um banco de dados, onde será possível o estudo dos mesmos, levantamentos de tendências, eventos específicos e a correlação entre elas.

## **ABSTRACT**

With the growing concerns on climate changes and the need for using natural resources more efficiently and sustainably, the demand for technologies capable of managing these resources is becoming more and more evident, as the concept of intelligent buildings. Intelligent buildings are designed to manage resources in order to meet occupants needs so that they also meet the needs of a more rational consumption of resources. Seeking to deploy the concept of intelligent buildings in the Campos do Goytacazes Innovation Hub, the present work aims at developing a supervisory system and integrate sensors installed on campus, enabling the management of the data collected by this system. The research applied, according to its objective, is exploratory, presenting the main aspects related to intelligent buildings. The supervisory system proposed in this project was developed using the myDESIGNER software and monitors and integrate the information available generated by five subsystems installed on the campus: Energy Supply, Environmental Awareness Subsystem, Sewer Treatment, Water Supply and Treatment, the Subsystem of Resources Monitoring. The data collected by the intelligent campus system will be available to users through a monitoring panel, enabling surveys of trends and events and the correlation between them.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. I2S - Campus Inteligente .....	13
Figura 2. Painéis Solares instalados no Bloco B do PICG .....	14
Figura 3. Aerogeradores - Polo de Inovação.....	15
Figura 4. Tela inicial do software <i>myDesigner</i> .....	18
Figura 5. Exemplo de tópico do sistema de geração eólica.....	22
Figura 6. TAG Smart Flow Meter instalado no Bloco A .....	23
Figura 7. TAG correspondente a variável Energia Anual Gerada pelo Módulo 1 Solar.....	24
Figura 8. Tela Principal do Sistema I2S.....	27
Figura 9. Tela Principal do Sistema I2S em operação .....	28
Figura 10. Telas do Subsistema de Fornecimento de Energia .....	28
Figura 11. Telas do Subsistema de Fornecimento de Energia .....	29
Figura 12. Tela com dados de Consumo de Água da Cozinha no Bloco B .....	30
Figura 13. Tela com dados de Consumo de Energia da Cozinha no Bloco B.....	30
Figura 14. Tela da Estação de Tratamento de Esgoto .....	31
Figura 15. Tela com dados do subsistema de Consciência Situacional .....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características do painel fotovoltaico CS6P-255P.....	14
Tabela 2. Características do aerogerador Razec 266.....	15
Tabela 3. Lista de TAGs utilizadas no subsistema de Energia Eólica .....	25
Tabela 4. Lista de Tópicos utilizados no subsistema de Energia Eólica .....	26
Tabela 5. Distribuição dos registros por tipo de publicação - Primeira Pesquisa .....	40
Tabela 6. Distribuição dos artigos por veiculo de publicação - Primeira Pesquisa.....	41
Tabela 7. Autores com maior número de publicação - Primeira Pesquisa .....	42
Tabela 8. Número de registros por ano de publicação - Primeira Pesquisa .....	43
Tabela 9. Distribuição dos registros por tipo de publicação - Segunda Pesquisa .....	45
Tabela 10. Distribuição dos artigos por veiculo de publicação - Segunda Pesquisa.....	46
Tabela 11. Autores com maior número de publicação - Segunda Pesquisa.....	47
Tabela 12. Número de registros por ano de publicação - Segunda Pesquisa .....	48
Tabela 13. Distribuição dos registros por tipo de publicação - Terceira Pesquisa.....	51
Tabela 14. Distribuição dos artigos por veiculo de publicação - Terceira Pesquisa .....	51
Tabela 15. Autores com maior número de publicação - Terceira Pesquisa .....	52
Tabela 16. Número de registros por ano de publicação - Terceira Pesquisa.....	53

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Distribuição dos registros por tipo de publicação - Primeira Pesquisa .....	41
Gráfico 2: Distribuição de artigos por ano de produção - Primeira Pesquisa .....	42
Gráfico 3: Distribuição dos registros por tipo de publicação - Segunda Pesquisa .....	46
Gráfico 4: Distribuição dos registros por tipo de publicação - Segunda Pesquisa .....	47
Gráfico 5: Distribuição dos registros por tipo de publicação - Terceira Pesquisa .....	51
Gráfico 6: Distribuição dos registros por tipo de publicação - Terceira Pesquisa .....	52

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1.	Contextualização.....	1
1.2.	Objetivos.....	3
1.2.1.	Gerais.....	3
1.2.2.	Específicos.....	3
1.3.	Justificativa.....	3
1.4.	Estrutura do Trabalho.....	4
<b>2.</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>5</b>
2.1.	Prédios Inteligentes.....	5
2.2.	Sistemas Inteligentes.....	7
2.3.	Campos Inteligentes.....	8
2.4.	Internet das Coisas.....	9
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>11</b>
3.1.	Classificação da pesquisa.....	11
3.2.	Etapas da pesquisa.....	11
<b>4.</b>	<b>INTEGRAÇÃO E INTELIGÊNCIA PARA SUSTENTABILIDADE - I2S.....</b>	<b>12</b>
4.1.	Visão Geral.....	12
4.2.	Subsistemas.....	13
4.2.1.	Subsistema de Fornecimento de Energia.....	13
4.2.2.	Subsistema de Consciência Situacional.....	16
4.2.3.	Subsistema da Estação de Tratamento de Água.....	17
4.2.4.	Subsistema da Estação de Tratamento de Esgoto.....	17
4.2.5.	Subsistemas de Monitoramento de Consumo de Recursos.....	17
<b>5.</b>	<b>SISTEMA SUPERVISÓRIO.....</b>	<b>18</b>
5.1.	Plataforma Empregada.....	18
5.1.1.	<i>myDESIGNER</i> .....	18
5.2.	Protocolo de Comunicação.....	19
5.2.1.	MQTT.....	19
5.2.1.1.	Modelo <i>Publish/Subscribe</i> .....	20
5.2.1.2.	Tópicos.....	20
5.3.	Padrão de Criação de Tópicos e TAGs.....	20
5.3.1.	Padrão de Criação dos Tópicos.....	21
5.3.2.	Padrão de Criação das TAGs.....	22
5.3.2.1.	TAG de Instrumentos.....	22
5.3.2.2.	TAG das Variáveis.....	23
5.4.	Desenvolvimento do Sistema de Supervisão.....	24

5.4.1.	TAGs.....	25
5.4.2.	Tópicos.....	26
5.4.3.	Telas de supervisão.....	27
<b>6.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>33</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>34</b>
<b>8.</b>	<b>APÊNDICE I.....</b>	<b>40</b>
8.1.	Definição da amostra .....	40
8.2.	Primeira Pesquisa .....	40
8.2.1.	Pesquisa na amostra .....	40
8.2.2.	Identificação dos periódicos com maior número de artigos publicados .....	41
8.2.3.	Identificação dos autores com maior número de publicações.....	42
8.2.4.	Cronologia da produção.....	42
8.2.5.	Seleção de artigos para composição do "núcleo de partida" .....	43
8.2.5.1.	Seleção dos artigos mais antigos.....	43
8.2.5.2.	Artigos mais recentes .....	44
8.2.5.3.	Artigos com maior grau de relevância (mais citados) .....	44
8.3.	Segunda Pesquisa .....	45
8.3.1.	Pesquisa na amostra .....	45
8.3.2.	Identificação de periódicos com maior número de artigos publicados .....	46
8.3.3.	Identificação dos autores com maior número de publicações.....	47
8.3.4.	Cronologia da produção.....	47
8.3.5.	Seleção dos artigos para composição do "núcleo de partida" .....	48
8.3.5.1.	Seleção dos 3 artigos mais antigos (aproximadamente 1% dos artigos encontrados na pesquisa) .....	48
8.3.5.2.	Seleção dos 12 artigos mais recentes de autores diferentes (aproximadamente 5% dos artigos encontrados na pesquisa).....	48
8.3.5.3.	Seleção dos 12 artigos com maior grau de relevância (aproximadamente 5% dos artigos encontrados na pesquisa). .....	49
<b>8.4.</b>	<b>TERCEIRA PESQUISA.....</b>	<b>50</b>
8.4.1.	Pesquisa na amostra .....	50
8.4.2.	Identificação de periódicos com maior número de artigos publicados .....	51
8.4.3.	Identificação dos autores com maior número de publicações.....	52
8.4.4.	Cronologia da produção.....	52
8.4.5.	Seleção dos artigos para composição do "núcleo de partida" .....	53
8.4.5.1.	Seleção do artigo mais antigo (aproximadamente 1% dos artigos encontrados na pesquisa) 53	
8.4.5.2.	Seleção dos 6 artigos mais recentes de autores diferentes (aproximadamente 5% dos artigos encontrados na pesquisa).....	53
8.4.5.3.	Seleção dos 6 artigos com maior grau de relevância (aproximadamente 5% dos artigos encontrados na pesquisa) .....	53

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Contextualização

O termo sustentabilidade está a cada dia mais em evidência, cada vez mais são discutidas formas de desenvolvimento que melhorem a qualidade de vida das pessoas de forma harmoniosa com o meio ambiente. A sustentabilidade ou desenvolvimento sustentável tem como pilares a integração de três fatores principais: social, econômico e o meio ambiente. Promover o bem-estar social, onde as pessoas tenham acesso a recursos, como saneamento básico, água tratada, alimentos, saúde, educação, etc., da mesma forma em que se respeita o meio ambiente, utilizando seus recursos sem agredi-lo, proporciona uma qualidade de vida para as pessoas que aqui vivem hoje e para as futuras gerações que estão por vir.

E para promover esse bem estar às pessoas, a economia é um importante fator nesse ciclo. Água potável e energia são fatores fundamentais para o consumo humano, assim como para o desenvolvimento, funcionamento da indústria, produção de alimentos, etc. Dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 2017) mostram que o consumo do setor industrial e agropecuário corresponde a um total de 19% e 70% respectivamente do consumo de água do mundo, com apenas 11% de toda água consumida sendo utilizada para consumo doméstico. Já relacionados ao consumo de energia, dados da Agência Europeia de Meio Ambiente (*European Environment Agency*, 2017) de mostram que o setor industrial e o de transportes são os setores que mais consomem energia, com 25,88% e 33,24% respectivamente, seguido 24,79% do consumo de energia utilizada para uso doméstico.

Como pode ser visto no parágrafo anterior, água e energia são recursos importantes para a indústria, para a produção de alimentos e principalmente para a vida humana, a preocupação com a escassez desses recursos, aliado as mudanças climáticas, tem feito com que sejam discutidas cada vez mais formas de utilização mais eficiente desses recursos, de modo a preservá-los para as próximas gerações, principalmente, em um cenário onde a população mundial tem uma projeção de crescimento de 1,2 Bilhões de pessoas até 2030, chegando a 8,5 Bilhões neste ano (ONU, 2015).

Atualmente, de acordo com o último relatório da Agência Internacional de Energia (IEA, n.d.), com ano de referência 2014, o mundo produziu 13805,44 Mtoe de energia elétrica, com um consumo médio de 21962,54 TWh, ao mesmo tempo em que captou 3,99 bilhões de metros cúbicos de água doce para consumo com base nos dados Banco Mundial

(*World Bank*, n.d.). O crescimento da população mundial provoca inevitavelmente o crescimento da demanda por água e energia, pois hoje são recursos essenciais para a vida humana, além de serem comumente utilizados para a produção de outros insumos necessários para a população mundial, como a produção de alimentos; com base no Relatório Anual publicado pela UNESCO a projeção de crescimento da demanda desses recursos seja respectivamente de 40% e 50% até 2030.

Tendo em vista este preocupante cenário, a melhoria de todos os processos relacionados à utilização desses recursos, para que sejam utilizados de forma mais eficiente, mitigando suas perdas em todas as etapas como: captação/geração, distribuição e consumo, ao mesmo tempo em que estejam disponíveis a todos e dentro dos padrões de qualidade exigidos, se tornam cada vez mais necessárias, constituindo-se assim um grande desafio para a comunidade mundial, pois, para chegar a esses objetivos de sistemas mais eficientes, novos sistemas e novas tecnologias se tornam imprescindíveis para esse desenvolvimento.

Nesse contexto, um conceito que surgiu nos anos 80 com objetivo de melhorar uma das etapas descritas acima, que é a de consumo desses recursos, foram os prédios inteligentes. Os prédios inteligentes surgiram com o objetivo de atender ao consumidor final, fazendo com que o ambiente consuma os recursos de forma inteligente e sustentável, gerenciando os mesmos de forma cada vez mais eficiente, maximizando o desempenho técnico ao mesmo tempo em que reduzem os custos operacionais com a utilização de tecnologia e sistemas integrados (Buckman, Mayfield, & B.M. Beck, 2014; D. Clements-Croome, 2011, 2013; Ghaffarianhoseini et al., 2016; Sutedy, Wang, Koh, & Choo, 2015).

Os conceitos de prédios inteligentes sofreram diversas modificações ao longo do tempo. Desde o surgimento nos anos 80, as demandas tecnológicas e sociais mudaram comparadas aos dias de hoje, fazendo com que os prédios inteligentes não apenas se desenvolvessem no aspecto tecnológico e hoje podem ser uma importante ferramenta para mitigar o desperdício de recursos, além de fazer com que os prédios inteligentes, como consumidores, sejam mais amigáveis ao meio ambiente, auxiliando também na diminuição da emissão de gases poluentes e na geração de resíduos.

O Polo de Inovação de Campos dos Goytacazes (PICG) desde sua concepção sempre buscou ser um campus voltado para sustentabilidade, desde sua criação ainda como UPEA, diversos projetos foram desenvolvidos com o objetivo de promover a sustentabilidade e a melhor utilização de recursos, o que fez com que o conceito de prédios inteligentes se

enquadrasse perfeitamente em um projeto no PICG. O objetivo do presente trabalho é criar a primeira versão do sistema inteligente do Polo de Inovação, intitulado I2S (Integração e Inteligência para Sustentabilidade), viabilizando o tratamento e a exposição de todos os dados de todas as variáveis disponíveis e medidas no Polo de Inovação, armazenando os dados coletados em um banco de dados, fazendo com que seja possível no futuro o estudo de tendências, eventos específicos e a correlação entre eles, além de apresentar os dados em uma tela de supervisão para que os usuários do PICG saibam e tenham consciência da quantidade de recursos utilizados no campus e com isso sejam as principais fontes de promoção do desenvolvimento sustentável para a sociedade.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Gerais**

O projeto tem como objetivo geral, desenvolver o sistema supervisor do I2S, capaz de fazer a integração de sensores de monitoramento instalados nos diferentes subsistemas do PICG, até a presente produção do trabalho. Além da integração dos subsistemas, o presente trabalho tem como objetivo possibilitar o armazenamento desses dados de monitoramento em um banco de dados para que os mesmos possam ser analisados e correlacionados, tornando possível futuras pesquisas no campus.

### **1.2.2. Específicos**

- Criar um sistema capaz de integrar os dados gerados pelos subsistemas.
- Disponibilizar as informações coletadas aos ocupantes via painel de monitoramento e banco de dados.

## **1.3. Justificativa**

O presente trabalho justifica-se pela implantação de uma nova ferramenta tecnológica no Polo de Inovação, que será capaz de monitorar os dados de utilização de recursos do campus, tornando possível a melhor utilização dos mesmos, fazendo com que o sistema I2S seja um disseminador de conhecimento aos usuários do PICG e para a comunidade ao redor, tornando-se um exemplo para a sociedade, desta forma conseguindo não apenas utilizar seus recursos de forma eficiente, mas também incentivar seus usuários e a população a também utilizá-los de forma sustentável. Da mesma forma que é um projeto que visa à utilização de tecnologias desenvolvidas no próprio campus, incentivando a pesquisa, desenvolvendo tecnologias nacionais e de baixo custo, gerando dados para futuros projetos de pesquisa que possam ser desenvolvidos .

#### **1.4. Estrutura do Trabalho**

O presente trabalho está estruturado em 6 (seis) capítulos distribuídos da seguinte forma:

- Capítulo 1: Apresenta uma introdução do contexto em que a pesquisa será realizada, assim como os objetivos da pesquisa e sua justificativa.
- Capítulo 2: Compreende a revisão da literatura feita a partir dos principais assuntos e conceitos envolvidos no assunto.
- Capítulo 3: Descreve a metodologia utilizada para a realização da pesquisa, detalhando todas as etapas envolvidas.
- Capítulo 4: Faz uma introdução do sistema que será desenvolvido no PICG.
- Capítulo 5: Apresenta o desenvolvimento do sistema de supervisão do presente trabalho.
- Capítulo 6: Apresenta as Considerações Finais do projeto
- Capítulo 7: Apresenta as referencias bibliográficas utilizadas para a elaboração deste trabalho.
- Capítulo 8: Apresenta a análise bibliométrica realizada para gerar o referencial bibliográfico utilizado no presente trabalho.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção são apresentados trabalhos relacionados ao tema da dissertação, apresentando trabalhos que se referem a prédios inteligentes, sistemas inteligentes e finalizando apresentando trabalhos relacionados a campus inteligentes.

### 2.1. Prédios Inteligentes

De acordo com Wigginton e Harris (2002) no início dos anos 2000 existiam ao todo cerca de 30 definições utilizando o termo inteligência relacionadas a prédios. As primeiras definições no começo dos anos 80, de acordo com Wong et. al (2005), eram focadas principalmente no aspecto tecnológico do sistema, como pode ser visto na definição de prédios inteligentes do *Intelligent Buildings Institution* (J. K. W. Wong, Li, & Wang, 2005) que definiu prédios inteligentes como prédios que integram vários sistemas para efetivamente gerenciar recursos de modo coordenado, visando maximizar: o desempenho técnico, o investimento, a redução de custos operacionais e o aumento da flexibilidade.

Para Leifer (citado em Ghaffarianhoseini et al., 2016) prédios inteligentes eram definidos como prédios que contêm uma rede de comunicação de informação, que através do qual, dois ou mais sistemas de serviço sejam controlados automaticamente, sendo guiados por previsões baseadas nos conhecimentos prévios e sua utilização, mantidos em um banco de dados integrado.

Com o passar dos anos, já no final dos anos 80 e início dos anos 90, as definições passaram a não ser mais apenas focadas no aspecto tecnológico e foram expandidas, incluindo aspectos sociais, como a importância do prédio ser sustentável, e da relação entre os usuários e os sistemas, enfatizando que os prédios inteligentes devem ser capazes de cuidar do bem-estar de seus ocupantes (Ghaffarianhoseini et al., 2016). Os novos aspectos incluídos para definir prédios inteligentes podem ser vistos na definição do *CIB Working Group W98* que definiu prédios inteligentes como:

*Prédio Inteligente é uma arquitetura rápida e dinâmica que fornece aos usuários condições de produtividade, eficiência econômica e respeito ao meio ambiente através de continua interação entre seus quatro elementos básicos: o local (formato; estrutura; instalações), o processo (automação; controle; sistemas), as pessoas (serviços; usuários) e a gestão (manutenção; desempenho) e a inter-relação entre eles (T. D. J. Clements-Croome, 1997).*

Como pode ser visto, as novas definições de prédios inteligentes na década de 1990 passaram a sugerir uma abordagem colocando os usuários como foco principal dos prédios inteligentes. Segundo Flax (1991) e Clements-Croome (1997), o ponto inicial ao estabelecer um modelo de prédio inteligente são as pessoas, definindo que os prédios inteligentes tem um papel vital no bem-estar dos usuários e da organização e devem fornecer sistemas que melhoram a produtividade e a criatividade, além de melhorar a capacidade intelectual e espiritual das pessoas, maximizando a eficiência de seus ocupantes, ao mesmo tempo em que permite uma gestão efetiva dos recursos com mínimo custo de operação.

Seguindo a evolução, a partir dos anos 2000, o conceito de prédios inteligentes ganha uma nova abordagem. Os prédios inteligentes agora devem ser capazes de conhecer sua configuração e devem atuar de forma preditiva as mudanças do ambiente (Wigginton & Harris, 2002). Wigginton e Harris (2002) enfatizam que os prédios inteligentes devem ter algumas características dos seres humanos, como a capacidade de aprender, analisar e responder de forma instintiva as alterações no ambiente, de modo a fornecer condições internas confortáveis, da mesma forma que consome energia de maneira mais eficiente e melhora a qualidade de vida dos seus ocupantes.

Para Bien et. al (2002) em seu trabalho, os prédios inteligentes devem ter quatro conceitos de inteligência em seu sistema. O primeiro é que os sistemas devem ser autônomos, ou seja, devem ter habilidades de se auto-operar de maneira que tenha o mínimo de intervenções humanas possíveis durante sua execução. Outra característica citada por Bien (2002) chamada pelo autor de "*Controlability*" que seria a capacidade do sistema analisar e responder de forma eficiente a sistemas dinâmicos de alta complexidade. Completando, os sistemas inteligentes para Bien (2002) devem possuir uma interface amigável para que a interação homem máquina ocorra de modo que deixem os usuários confortáveis e por último cita que os sistemas devem ter a capacidade de interagir com o ambiente e os serviços fornecidos.

No final dos anos 2000, agregando todos os conceitos anteriores e se adequando a uma nova realidade, os prédios inteligentes passam a ter como maior foco para a sustentabilidade e de responsabilidade social. Segundo Clements-Croome(2013), um prédio inteligente passa a ser aquele que atente as necessidades dos ocupantes, das organizações e da sociedade e devem ser sustentáveis em termos de consumo de água e energia além de ser pouco poluente.

Clements-Croome (2009) relata também que os prédios devem ser saudáveis em termos de bem-estar das pessoas que o utilizam e funcional de acordo com as necessidades dos usuários.

De acordo com Ghaffarianhoseini (2016) as definições atuais têm gradualmente considerado as interações do usuário e até mesmo seus valores sociais, o que leva a ideia de que esses ambientes devem estar conscientes e sensíveis as suas demandas e atividades. Desta forma o foco principal dos prédios inteligentes mudou para o conceito de capacidade de aprendizado e o relacionamento entre os ocupantes e o meio ambiente (Ghaffarianhoseini et al., 2016).

Com isso, para um prédio ser considerado inteligente atualmente, precisa ser sustentável e atender as mudanças nas demandas dos usuários e sociais (D. Clements-Croome, 2013). Clements-Croome (2013) constata que é necessário levar em consideração a influência que os prédios inteligentes têm na sociedade, na comunidade local e nas futuras gerações, relatando que para novas construções ou até mesmo para reforma dos prédios já existentes, deve-se considerar o impacto ambiental, social e econômica do empreendimento.

## **2.2. Sistemas Inteligentes**

Com o surgimento do conceito de prédios inteligentes e a introdução dessa nova tecnologia, as companhias começaram a visualizar que os prédios inteligentes eram capazes de aumentar a criatividade e a produtividade de seus usuários comparados aos prédios convencionais (Kujuro & Yasuda, 1993). O aumento da importância da conexão entre a produtividade humana e o ambiente de trabalho, aliado ao crescimento de tecnologias baseadas em microprocessadores fez com que fosse aumentado o interesse pela implementação desses sistemas de forma a satisfazer os anseios de seus proprietários de criar um ambiente que consumisse energia de forma eficiente, possibilite o aumento da produtividade de seus ocupantes e promovam a redução de custos operacionais (J. Wong, Li, & Lai, 2008).

Nos anos 80, poucas empresas forneciam sistemas de controle computadorizados para prédios e esses sistemas tendiam a ser centralizados e com uma única empresa fornecendo hardware e software (Braun, 2007). Com o passar dos anos e com o avanço tecnológico, os sistemas de controle e monitoramento migraram em direção de arquiteturas distribuídas, essa arquitetura tende a diminuir o comprimento de cabos individuais entre os processadores, sensores e atuadores, reduzindo assim o custo de implementação, além de aumentar a velocidade de "raciocínio" do sistema inteligente.

Aumentar o nível de "Inteligência" dos sistemas ou melhor, a velocidade de processamento dos dados sistemas pode ser um importante fator para mensurar a inteligência do mesmo. O nível de inteligência dos sistemas inteligentes de acordo com Smith (citado em, J. Wong et al., 2008) pode variar de acordo com a funcionalidade e da eficiência operacional dos componentes inteligentes instalados no sistema, com alguns prédios combinando todas as configurações e componentes dos sistemas inteligentes, enquanto outros sistemas consistindo apenas em um sistema de automação predial.

Para Armstrong (citado em, J. Wong et al., 2008), a inteligência dos sistemas inteligentes é demonstrada em sua capacidade de responder eficientemente as mudanças das necessidades de seus potenciais ocupantes. Para (Bien et al., 2002) a inteligência dos sistemas está relacionada à sua habilidade em se auto-operar e ser desenvolvido de modo a executar suas tarefas com o mínimo de interações humanas possíveis, como se autocalibrar e autodiagnosticar são importantes características dos sistemas inteligentes.

Para Wong et.al (2008), a criação do sistema e a escolha de seus componentes são um desafio para os desenvolvedores, que devem combinar as melhores tecnologias de sistemas inteligentes disponíveis, para desenvolver um projeto que maximize a inteligência do sistema, para que o mesmo possa atender, ou até mesmo exceder as expectativas criadas pelos contratantes do projeto e dos usuários finais e que cada projeto deve ser tratado de forma individual, pois cada projeto tem sua natureza e características.

### **2.3. Campos Inteligentes**

Os Campus Inteligentes utilizam os conceitos Prédios Inteligentes apresentados anteriormente, porém com uma aplicação um pouco mais abrangentes; são projetos que visam da mesma forma a eficiência dos processos, criando um ambiente harmonioso entre os usuários e o meio ambiente, onde os usuários desses ambientes possam ter o máximo de conforto, podendo desempenhar suas atividades de forma mais produtiva e criativa, ao mesmo tempo em que são utilizados o mínimo de recursos naturais possíveis e gerando a menor quantidade de resíduos. Os Campus Inteligentes estão a cada dia mais em evidência assim como os Prédios Inteligentes, como mostram os recentes trabalhos apresentados a seguir.

Abdrabbah et al., (2017) em seu trabalho enfatiza os aspectos sociais dos Campus Inteligentes e como esses aspectos podem contribuir para a qualidade de vida dos estudantes que frequentam esse ambiente, citando a necessidade de seus sistemas identificarem as necessidades desses estudantes e da mesma forma serem adaptáveis de modo que seja

possível alcançá-las. Neste trabalho, a autora propõe a criação de um grupo para que os estudantes possam discutir e expressar suas necessidades, de modo que as ideias sejam discutidas e sejam apresentadas melhorias para o sistema.

Uskov et al. (2017) visa em seu trabalho, desenvolver conceitos e modelos de Universidades Inteligentes, identificando suas distintas características principais, componentes e sistemas de um Campus Inteligente. Para alcançar esse objetivo, o autor realizou uma revisão bibliográfica apresentando resultados atualizados e descobertas de modelos conceituais para campus inteligentes, podendo ajudar universidades tradicionais a conhecerem os prós, contras e desafios de para se tornarem um campus inteligente.

Gleizes et al. (2017) apresenta em seu trabalho o projeto Neocampus, detalhando a infraestrutura instalada na Universidade de Toulouse, França. O autor apresenta os campus inteligentes como uma perfeita ferramenta de experiência de aplicações de integração de inovação e tecnologias aumentar a qualidade de vida dos usuários dos campus inteligentes, além apresentar os principais desafios que enfrentados na implementação de um campus inteligente.

Malatji (2017) em seu trabalho apresenta um ponto de vista Sul-africano sobre campus inteligentes. O trabalho apresenta características de campus e prédios inteligentes, mostrando que cada projeto e cada região tem sua peculiaridade, afirmando ainda que sistemas europeus precisam ser modificados de modo que possam atender universidades africanas, por conta das características diferentes das duas regiões, mostrando também um estudo de caso de uma universidade sul-africana, apresentando os pontos fortes e fracos de terem se tornado um campus inteligente.

#### **2.4. Internet das Coisas**

Como pôde ser visto nas seções anteriores, os prédios, campus, cidades inteligentes, etc., baseiam-se em conectividade. Um conceito que vem tendo uma crescente relevância nos últimos anos, com grande convergência com prédios inteligentes e o mundo conectado é o conceito de *Internet of Things* ou Internet das Coisas, que é definido por Guinard e Trifa (2016) como:

*A Internet das Coisas é um sistema de objetos físicos que podem ser descobertos, monitorados, controlados ou fazer interação com dispositivos eletrônicos que se comunicam através de várias interfaces de rede e eventualmente podem ser conectados à internet mais ampla. (Guinard & Trifa, 2016)*

A visão de Internet das Coisas fornece uma grande gama de oportunidades para usuários, fábricas, companhias, etc. (Miorandi, Sicari, De Pellegrini, & Chlamtac, 2012), pois pode ser aplicado para diferentes setores, como: monitoramento ambiental, cuidados de saúde, gestão de produtos, suporte em casa ou no trabalho, segurança, vigilância, ou para situações como são os casos dos campus inteligentes. A possibilidade de interconexão de instrumentos e disponibilização da informação converge exatamente com a necessidade de monitoramento, controle e atuação nos campus inteligentes, e como pode ser visto nos trabalhos apresentados a seguir, a união entre desses dois conceitos está cada vez mais presente e sendo tendência para os novos sistemas a serem desenvolvidos.

Adamkó (2017) em seu trabalho investiga sistemas e seus aspectos relacionados na sua evolução para introduzir uma arquitetura aberta e extensível a aplicação de Campus Inteligentes. O autor afirma que esses serviços aumentam o nível de "inteligência" do campus e apresenta três características para a qualidade dos serviços prestados, como, IoT (Internet das Coisas), *Cloud*, e computação ubíqua para fazer com que esses serviços estejam disponíveis em qualquer lugar e apontando a Universidade como o lugar apropriado onde todas essas tecnologias podem ser estudadas e aplicadas continuamente para que continuem a evoluir.

Lilis et al. (2017) em seu artigo, faz uma abordagem da evolução dos Prédios Inteligentes desde sistemas com redes próprias e equipamentos automáticos robustos, para a nova tendência de sistemas utilizando o conceito de Internet da Coisas. O autor enfatiza que os Sistemas Automatizados utilizados por Prédios Inteligentes foram importantes para a evolução desses sistemas, mas para que os Prédios Inteligentes possam continuar a evoluir, é necessário fazer transição desses sistemas fechados para sistemas baseados na internet.

Li e Su, (2017), propõem uma nova metodologia para realizar o controle efetivo de uma aplicação de Prédios Inteligentes. De modo a conseguir isso desenvolveram um hardware, software e uma rede auto-organizada wireless para realização da aplicação utilizando Internet das Coisas, realizando testes de comunicação, velocidade de rede, etc., atingindo os objetivos que foram estabelecidos no trabalho.

### **3. METODOLOGIA**

Nesta seção será apresentada a classificação da pesquisa realizada para o presente trabalho, assim como os procedimentos realizados para aplicação da pesquisa bibliográfica.

#### **3.1. Classificação da pesquisa**

Da natureza da pesquisa, este trabalho é classificado como uma pesquisa aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigido à solução de problemas específicos (Silva & Menezes, 2005). Com relação aos objetivos, a pesquisa desenvolvida, classifica-se com exploratória. Uma vez que seu objetivo é proporcionar maior familiaridade com o problema, tornando-o mais explícito ou a construir hipóteses (Gil, 2008).

#### **3.2. Etapas da pesquisa**

As etapas de realização do presente trabalho constituem na elaboração de uma revisão bibliográfica, apresentada na seção 2, produzida através de uma análise bibliométrica da produção científica relacionada a prédios inteligentes, de modo a fazer um levantamento da produção científica que fariam parte da referência bibliográfica do trabalho. Na análise foram realizadas 3(três) pesquisas na base de dados *Scopus (Elsever)*, onde na primeira pesquisa o tema foi pesquisado de forma mais abrangente e nas pesquisas seguintes os temas pesquisados foram mais focadas para o tema deste presente trabalho, as etapas da análise bibliométrica estão descritas no Anexo I.

Após o levantamento bibliográfico, para realização do sistema de supervisão proposto no presente trabalho, definiu-se a plataforma de desenvolvimento (*myDESIGNER*) e o protocolo de comunicação (MQTT) que serão apresentados a seguir, junto com as etapas de desenvolvimento da aplicação descritas no capítulo 5.

## **4. INTEGRAÇÃO E INTELIGÊNCIA PARA SUSTENTABILIDADE - I2S**

Nesta seção será apresentada uma visão geral do projeto do sistema inteligente do I2S e suas características.

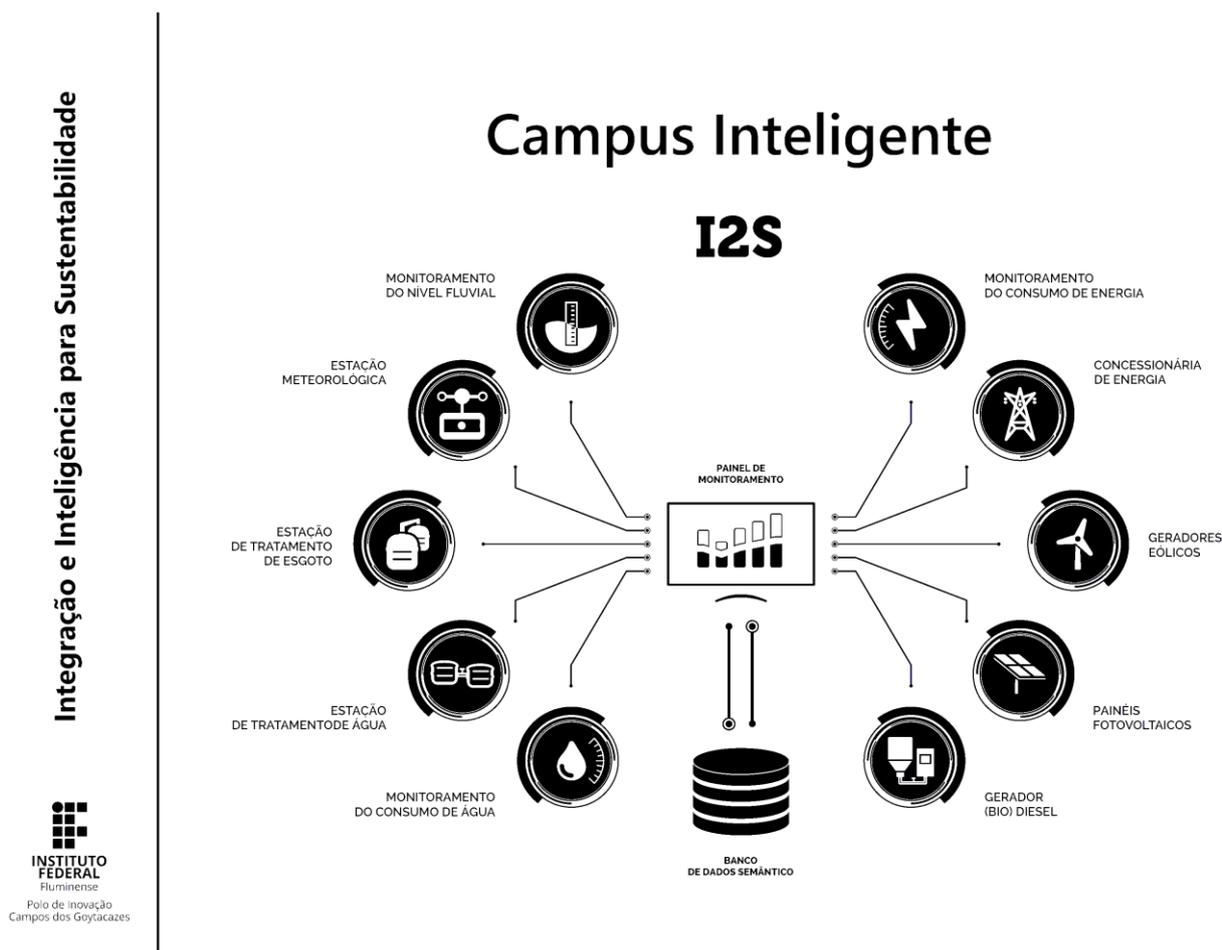
### **4.1. Visão Geral**

O I2S é um projeto de integração, que visa tornar o campus do Polo de Inovação de Campos dos Goytacazes (PICG) em um campus inteligente utilizando a tecnologia. O sistema do I2S será responsável por coletar e monitorar os dados de todos os subsistemas instalados no PICG, fazendo seu tratamento e disponibilizando esses dados em um painel de monitoramento instalado no campus, além de armazenar os dados coletados em um banco de dados para que futuramente seja possível a realização de pesquisas com os dados gerados, como análise de tendências, eventos específicos e suas correlações (Ribeiro, Cavadas, Carvalho, & Vianna, 2017).

O sistema do I2S a priori será dividido em 5 (cinco) subsistemas, que serão divididos em: Subsistema de Fornecimento de Energia, que monitorará todas as fontes de energia elétrica instaladas no campus, renováveis (painéis fotovoltaicos, aerogeradores e gerador (bio)diesel) e não renováveis (concessionária de energia). Além do Subsistema de Fornecimento de Energia, o I2S englobará o Subsistema de Consciência Situacional, que irá monitorar as condições climáticas e o nível do Rio Paraíba do Sul que passa ao lado do campus; o Subsistema da Estação de Tratamento de Água (ETA), monitorando a quantidade de água captada para tratamento e a quantidade de água fornecida para o campus; o Subsistema da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), que irá monitorar a quantidade de esgoto tratado pelo campus; e por fim o Subsistema de Consumo de Recursos, que irá monitorar a utilização de recursos como água e energia.

Embora o sistema neste primeiro momento irá apenas monitorar os dados coletados dos subsistemas, o mesmo será desenvolvido de modo a receber uma atualização para torna-lo capaz de realizar o controle e o gerenciamento de todos os recursos utilizados no campus de forma autônoma, sem interferências externas, com o objetivo de tornar o campus cada vez mais sustentável, minimizando a utilização de recursos externos. A Figura 1 apresenta um diagrama que resume o projeto do I2S nesta primeira etapa, mostrando todos os dados que serão monitorados.

Figura 1. I2S - Campus Inteligente



## 4.2. Subsistemas

Os subsistemas são de vital importância para o I2S, e devem estar totalmente funcionais para que o sistema do I2S funcione corretamente. Cada subsistema é um projeto independente ao do I2S e será instrumentado e automatizado de acordo com os seus responsáveis. Nas seções abaixo de 4.2.1 à 4.3.x serão apresentadas as características de cada subsistema e suas funcionalidades.

### 4.2.1. Subsistema de Fornecimento de Energia

Como dito anteriormente, o subsistema de fornecimento de energia é composto fontes renováveis e não renováveis de energia elétrica. Uma das fontes renováveis de energia presentes no PICG são os painéis fotovoltaicos instalados no campus. Ao todo, foram instalados no PICG 100 (cem) unidades dos módulos fotovoltaicos do modelo CS6P 255 Wp da fabricante *CanadianSolar*, totalizando uma potência fotovoltaica total instalada de 25,5

kWp. Estima-se que a produção anual do sistema de geração fotovoltaico chegue 34,09 MWh, fornecendo energia para o campus em um sistema trifásico de 127/220V. A Figura 2 apresenta uma imagem dos painéis solares instalados no telhado do Bloco B do PICG. A Tabela 1 apresenta as características dos painéis fotovoltaicos.

**Figura 2.** Painéis Solares instalados no Bloco B do PICG



Fonte: Cavadas (2018)

**Tabela 1.** Características do painel fotovoltaico CS6P-255P.

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

Fonte: Cavadas (2018)

Além dos painéis fotovoltaicos, o PICG possui instalado no campus 3 (três) turbinas eólicas de eixo vertical do modelo RAZEC 266 da fabricante ENERSUD. As turbinas trabalham em uma faixa de velocidade de vento onde sua velocidade de partida é de 2,5 m/s e sua velocidade máxima de 12 m/s, quando a velocidade ultrapassar esse valor devem ser

acionados os freios das turbinas. Cada turbina é composta por 3 (três) pás prismáticas com altura de 2,66 metros, com capacidade de gerar 1,5kW em sua velocidade nominal de vento de 12 m/s, fornecendo ao campus 4,5 kW de potência, quando as 3(três) estão trabalhando em sua capacidade máxima, por meio de um sistema elétrico trifásico com tensão de saída que pode variar entre 24, 48, 220 e 400 volts. A Figura 3 apresenta uma foto de dois Aero geradores instalados no campus, assim como, a Tabela 2 apresenta as características de cada Aero gerador.

**Figura 3.** Aero geradores - Polo de Inovação.



Fonte: Autor (2018)

**Tabela 2.** Características do aerogerador Razec 266

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

Fonte: (Cavadas, 2018)

Com ambos os sistemas (painéis fotovoltaicos e geradores eólicos) instalados e funcionando em sua capacidade máxima, espera-se que o PICG se torne autossuficiente em termos de energia elétrica. Porém, como a energia solar e eólica são fontes de energia variáveis, pois são influenciadas principalmente pelas condições do tempo, o PICG continuará necessitando o fornecimento de energia elétrica pela concessionária de energia que abastece a região, fornecendo energia para o campus através sua rede de alta tensão de 13,8 kV. A energia fornecida pela concessionária será utilizada como backup aos sistemas de energia eólica e solar, para que o campus não fique sem energia quando ambos estiverem parcialmente ou completamente impossibilitados de gerar energia e não tiverem atendendo a demanda de energia.

Além das fontes citadas acima, o PICG também contará com um gerador diesel, que também será utilizado como backup de energia a princípio, o gerador não irá utilizar o diesel comum, mas sim (bio)diesel que será produzido no campus. O (bio)diesel é um combustível renovável e menos poluente que os combustíveis fósseis, pode ser produzido através de óleo vegetal, biomassa, gordura animal, etc. (Ministério de Minas e Energia, n.d.). A planta de produção de (bio)diesel a ser instalada no PICG produzirá o combustível através do bagaço de cana e conforme a produção for crescendo o gerador pode passar a ser mais uma fonte primária de fornecimento de energia para o Polo de Inovação e não somente um backup de energia.

#### **4.2.2. Subsistema de Consciência Situacional**

O Subsistema de Consciência Ambiental irá supervisionar as condições climáticas para que todos os ocupantes do PICG estejam conscientes da situação do tempo a qualquer momento. O subsistema irá monitorar as condições do nível do Rio Paraíba do Sul, principalmente na estação das chuvas, tornando possível fornecer informações para autoridades, como a Defesa Civil, do nível que se encontra o rio, possibilitando que sejam tomadas decisões antecipadas, prevenindo desastres e protegendo a população.

O subsistema de Consciência Ambiental irá monitorar também as condições do tempo através de uma estação meteorológica, fornecendo informações como temperatura, umidade relativa do ar, precipitação, etc. Esses dados coletados da estação são de grande importância para funcionamento de outros subsistemas. Um exemplo é o monitoramento da velocidade dos ventos, as turbinas eólicas instaladas no PICG possuem velocidade nominal de 12 m/s e

uma vez que a velocidade dos ventos estiverem acima desse valor, os freios das turbinas devem ser acionados para que as mesmas não sejam danificadas.

#### **4.2.3. Subsistema da Estação de Tratamento de Água**

O Subsistema da Estação de Tratamento de Água (ETA) irá monitorar a quantidade de água captada e a quantidade de água disponibilizada para consumo após tratamento na estação. A ETA do PICG capta a água do Rio Paraíba do Sul e faz tratamento por meio convencional. Esse tratamento consiste em coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção. Atualmente, a ETA produz 2.500 L de água potável por dia, sendo capaz de atender aproximadamente 60 pessoas, entre funcionários e estudantes que frequentam o PICG.

#### **4.2.4. Subsistema da Estação de Tratamento de Esgoto**

Além de captar e tratar sua própria água através da ETA, o PICG também irá tratar todos os efluentes produzidos no campus através de sua Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). O Subsistema da Estação de Tratamento de Esgoto irá monitorar a quantidade de esgoto tratado pela ETE que terá capacidade de tratar 20000L de efluentes por dia através de tratamento microbiológico anaeróbico. Após tratamento microbiológico, o efluente ainda será encaminhado para uma *wetland*, onde serão removidos nutrientes e matéria orgânica.

#### **4.2.5. Subsistemas de Monitoramento de Consumo de Recursos**

O Subsistema de Monitoramento de Recursos irá monitorar o consumo de energia elétrica e água do PICG. O Subsistema será dividido em dois, uma parte será responsável pelo monitoramento de energia e a outra parte responsável pelo monitoramento do consumo de água. Serão instalados no campus, em lugares a serem definidos, medidores inteligentes (*Smart Meters*) de modo a supervisionar a quantidade de recursos consumidos no campus, possibilitando a análise dos dados de consumo de diferentes partes do PICG isoladamente e seu consumo total, possibilitando o melhor gerenciamento desses recursos por setores.

## 5. SISTEMA SUPERVISÓRIO

Este capítulo apresenta o trabalho realizado para criação da Interface Gráfica do sistema I2S, com suas etapas de desenvolvimento.

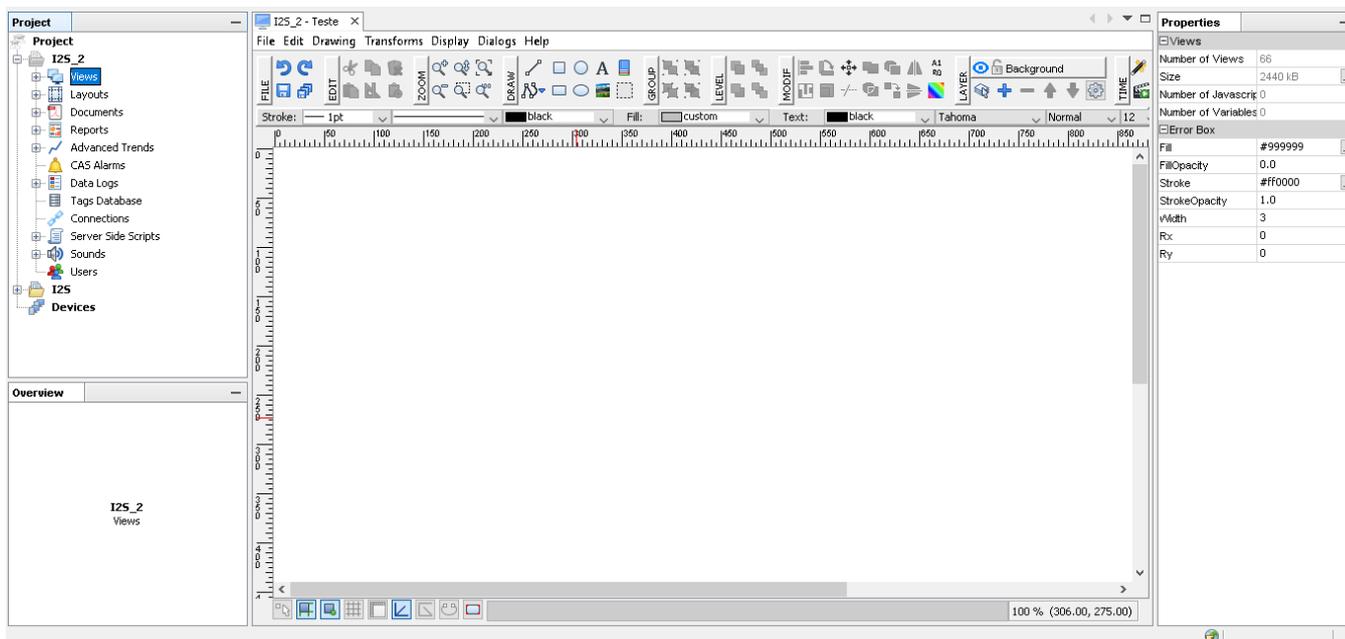
### 5.1. Plataforma Empregada

Para desenvolvimento da primeira versão do sistema I2S, utilizou-se o software de desenvolvimento *myDESIGNER* da companhia *mySCADA*, uma empresa independente da República Checa com experiência em automação industrial e focada no desenvolvimento de aplicações de sistemas SCADA (“*mySCADA Technologies- professional HMI/SCADA Solution,*” n.d.). A seguir é apresentado o software de desenvolvimento *myDESIGNER*.

#### 5.1.1. *myDESIGNER*

O software *myDESIGNER* é um software SCADA, que utiliza recursos gráficos para desenvolvimento de sistemas de supervisão utilizados para monitoramento de dados. O *myDESIGNER*, como os próprios criadores o definem, é uma rápida plataforma de desenvolvimento para criação de sistemas supervisórios (“*myDESIGNER - project creation tool,*” n.d.). A Figura 4 apresenta a tela inicial do software *myDESIGNER*.

**Figura 4.** Tela inicial do software *myDesigner*



Fonte: (“*myDESIGNER: User Manual,*” 2017)

Como pode ser visto na imagem acima, o software é dividido em três partes principais, onde no canto esquerdo está a janela do projeto, onde é possível navegar, criar e editar as diferentes funcionalidades do projeto, como as telas, data-logs, lista de tags, gráficos de tendência, etc.. Na região central ficam a tela de desenvolvimento e a barra de ferramentas de desenvolvimento, onde é possível adicionar e criar instrumentos, adicionar formas geométricas, selecionar ferramentas de zoom, criação de camadas, ou seja, onde a parte visual do sistema é desenvolvida. E para finalizar, no canto direito é onde fica a barra de propriedades, onde é possível modificar as propriedades de um objeto, mudar suas dimensões e cores, indexar uma TAG a um instrumento, configurar alguma animação, fazer com que o objeto mude de tamanho, rotacione, fique visível, ou comando adicionar algum comando, por exemplo, fazendo com que o objeto abra outra janela do sistema.

Com as funcionalidades descritas acima, o software *myDESIGNER* se apresenta como um software bem intuitivo para se programar e com uma gama de recursos que possibilitam uma programação de forma agilizada e fácil, por isso, foi escolhido para desenvolvimento do presente trabalho.

## **5.2. Protocolo de Comunicação**

Como dito anteriormente, o conceito de Internet das Coisas é uma tendência que vem crescendo a cada dia. Visando preparar o sistema, para essas tendências que são cada vez mais realidade, buscou-se escolher um protocolo de comunicação que permitisse a interconexão dos equipamentos instalados no sistema e que os dados gerados por eles estivessem disponíveis na internet, podendo assim ser acessados de forma rápida e fácil. Por isso, por suas características que serão apresentadas a seguir, o protocolo de comunicação utilizado no sistema foi o protocolo MQTT.

### **5.2.1. MQTT**

O protocolo MQTT ou *Message Queue Telemetry Transport*, é um protocolo criado pela IBM no final dos anos 90, com objetivo de ser um protocolo de mensagens extremamente leve e de fácil utilização, por ter essas características de ser um protocolo leve, possibilita sua utilização em equipamentos de medição e monitoramento com pequenas capacidades de processamento de dados, com isso, torna-se possível o acesso dos dados gerados por esses equipamentos e a integração dos mesmos ao sistema. O protocolo MQTT foi construído através de alguns conceitos básicos, com o objetivo de assegurar a entrega das mensagens enquanto mantém as mensagens mais leves possíveis. Alguns desses conceitos são apresentados a seguir, todas as informações neste trabalho, tiveram como referência o

documento “*IBM Redbooks | Building Smarter Planet Solutions with MQTT and IBM WebSphere MQ Telemetry*,” (2016).

#### **5.2.1.1. Modelo Publish/Subscribe**

O protocolo MQTT é baseado no padrão de mensagens *Publish/Subscribe*, onde os fornecedores de informação são chamados de *Publishers* e quem utiliza ou lê essas mensagens são chamados de *Subscribers*. As informações que os *Publishers* disponibilizam na rede, em tópicos determinados, estão disponíveis para todos os dispositivos *Subscribers*, não importando quem está lendo as mensagens, mas sim que as mensagens sejam publicadas e disponíveis. Para que essa troca de mensagens possa acontecer é necessária à utilização de um *Broker*, que tem a função de receber as informações enviadas pelos *Publishers*, direcionar e enviar as mensagens aos *Subscribers* que solicitarem essas informações, para informações detalhadas do *Broker*, recomenda-se leitura do livro *On patterns and pattern languages* (Buschmann, Henney, Schmidt, & Buschmann, 2007).

#### **5.2.1.2. Tópicos**

As mensagens enviadas pelos *Publishers* devem ser organizadas por tópicos de modo que sejam identificadas. Os tópicos utilizados definem o conteúdo das mensagens e a área de onde essa mensagem está sendo enviada, de modo que as mesmas possam ser classificadas. A definição dos tópicos é de suma importância, pois, os dispositivos ou *Subscribers* que vão ler as mensagens publicadas de determinado tópico, se inscrevem a ele e recebem todas as mensagens publicadas neste tópico por qualquer *Publisher* que venha a enviar uma mensagem para o mesmo. Os tópicos comumente são organizados hierarquicamente em árvore, utilizando-se o caractere "/" para separar e criar subtópicos para identificação, envio das mensagens e leitura dos tópicos corretamente. A forma como foram criados os tópicos do sistema I2S do presente trabalho pode ser visualizada na seção 5.3.1, com exemplo de tópico na Figura 5, que apresenta em sua mensagem a quantidade de energia gerada no dia pelo Aerogerador 2.

### **5.3. Padrão de Criação de Tópicos e TAGs**

Como dito anteriormente o protocolo MQTT utiliza uma estrutura em árvore para identificação de seus tópicos, para cada variável utilizada nos subsistemas é necessária à criação de uma identificação para a variável e de um tópico que possibilite ao sistema ler a variável correta e evitar conflito de mensagens. Por ser um sistema com uma grande

quantidade de variáveis, precisou-se criar critérios para criação desses tópicos, de modo que se mantenha uma organização e um padrão na criação dos mesmos. Para criação dos tópicos e das Tags do sistema, respeitou-se o padrão utilizado pela norma “ANSI/ISA-5.1-2009 *Instrumentation Symbols and Identification*,” (2009).

### **5.3.1. Padrão de Criação dos Tópicos**

Para criação dos tópicos foi determinado que os mesmos deveriam respeitar uma estrutura criada, para que tivessem um padrão e ajudassem no acesso das informações publicadas pelos sistemas. A estrutura básica utilizada para identificação dos tópicos foi dividida em seis partes e cada parte é definida a seguir

I. POLO - primeira parte do tópico que denomina o campus do Instituto Federal Fluminense de localização do projeto, no caso do projeto I2S, a localização é o Polo de Inovação, logo foi utilizada a palavra POLO;

II. I2S - segunda parte apresenta o nome do projeto em que o tópico está vinculado;

III. Sistema - terceira parte apresenta o nome dos diferentes subsistemas que compõem o projeto I2S, o nome dos subsistemas nos tópicos são apresentados abaixo:

a. CONSUMOAGUA

b. ESTACAOMETEOROLOGICA

c. GERACAOSOLAR

d. GERACAOEOLICA

e. FORNECIMENTOENERGIA

f. ETA

g. ETE

h. CONSUMOENERGIA

i. NIVELPARAIBA

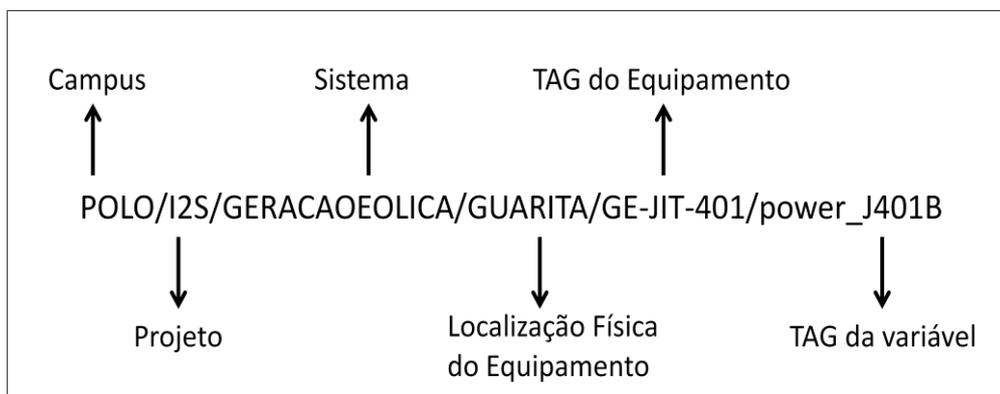
IV. Quarta parte apresenta a localização física onde o instrumento está instalado;

V. Quinta parte apresenta a TAG do instrumento;

VI. Sexta parte apresenta a TAG da variável, que também vai ser a TAG no *myDESIGNER*;

A Figura 5 apresenta um exemplo de tópico do sistema de geração de energia eólica, que apresentam os dados de geração de energia do dia no Aerogerador 1 instalado no PICG.

**Figura 5.** Exemplo de tópicos do sistema de geração eólica



### 5.3.2. Padrão de Criação das TAGs

Neste projeto foi necessário criar dois modelos de TAGs, uma para identificar os instrumentos instalados pelo campus e uma TAG para cada variável de todos os instrumentos de todos os sistemas contidos no projeto, de modo que seja possível diferenciar essas variáveis no sistema de supervisão, evitando conflito entre as mesmas. Como dito anteriormente, a criação dessas TAGs tomou como base a norma técnica ANSI/ISA-5.1 que é a norma correspondente à simbologia e identificação de instrumentos.

#### 5.3.2.1. TAG de Instrumentos

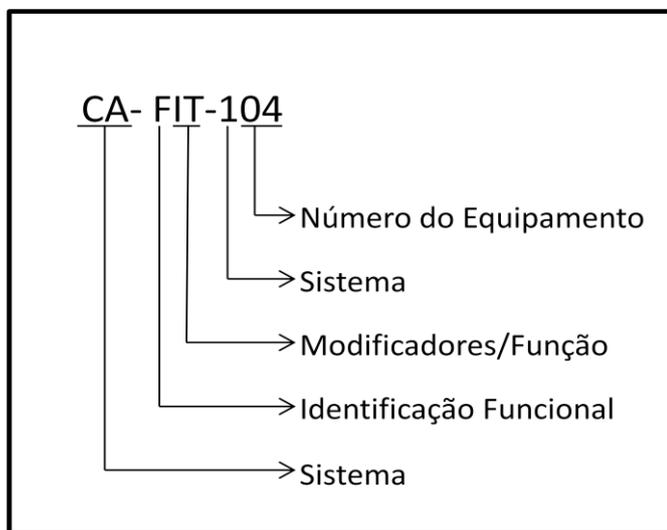
A TAG dos instrumentos foi dividida em três partes, que são separadas por um traço. Na primeira parte foi inserido um prefixo com a abreviação do nome do sistema em que o instrumento está instalado, como exemplos, todos os instrumentos do sistema de consumo de água, devem conter o prefixo CA identificando que o instrumento corresponde a esse sistema. A segunda parte corresponde à função do equipamento, onde a primeira letra apresenta sua identificação funcional, ou seja, a variável ou variáveis medidas e as letras subsequentes apresentando os modificadores e funções do equipamento. Na última parte da TAG são utilizados três números, o primeiro identifica o sistema em que o equipamento está instalado e os dois últimos são utilizados para identificar o número dos equipamentos instalados por sistema (O número dos equipamentos é determinado de forma serial, de modo que todos os equipamentos do sistema em que o instrumento está instalado tenham uma identificação diferente). A redundância na identificação do sistema se dá ao fato do mesmo número ser utilizado para identificação das TAGs das variáveis que serão apresentadas a seguir.

Para criação dos tópicos os sistemas contidos no polo foram divididos em números de 1 a 9 e estão apresentados da seguinte forma:

1. Consumo de Água
2. Estação Meteorológica
3. Geração Solar
4. Geração Eólica
5. Fornecimento de Energia
6. Estação de Tratamento de Água
7. Estação de Tratamento de Esgoto
8. Consumo de Energia
9. Nível Fluvial

A Figura 6 apresenta um exemplo de TAG de instrumento, identificando as três partes da TAG e suas funções de um sensor de vazão instalado para medição de vazão no banheiro masculino do Bloco A.

**Figura 6.** TAG Smart Flow Meter instalado no Bloco A



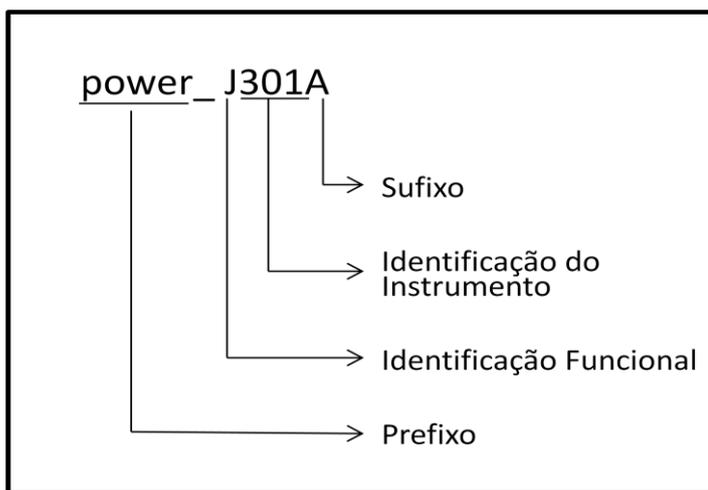
### 5.3.2.2. TAG das Variáveis

Para criação das TAGs das variáveis foram levadas em consideração algumas características do software em que o sistema foi desenvolvido. A TAG da variável deve apresentar as mesmas informações numéricas da TAG do instrumento que ela corresponde, de modo que se possa identificar de qual instrumento a variável correspondente representa. Para realizar a identificação funcional da TAG, utiliza-se, precedente a identificação numérica do

instrumento, a letra correspondente à função da variável. Um exemplo de TAG é a variável medida pelo instrumento apresentado na Figura 6, que corresponde a um sensor de vazão instalado no banheiro masculino no Bloco A. Enfatizando mais uma vez, respeitou-se a norma ANSI/ISA 5.1 para criação das TAGs, logo, o instrumento citado acima, por ser um sensor que mede o fluxo de água que passa por ele, ou seja, vazão, teria como identificação a TAG F104 de acordo com a norma e as características adotadas no sistema.

Todavia, o *myDESIGNER* apresenta algumas particularidades na criação das TAGs no software, fazendo como que não fosse possível a utilização da TAG citada acima com apenas a informação da variável medida e a numeração da TAG do instrumento, pois no software *myDESIGNER*, para criação da tabela do MQTT, as TAGs não podem ter a primeira letra maiúscula, fazendo com que seja necessária a utilização de um prefixo como uma característica da variável, para tornar possível a adição dessas TAGs na tabela do MQTT. O prefixo e a identificação da TAG são separados por meio de um *underline*, pois o software também não aceitava traço. Finalizando, caso um instrumento tenham duas variáveis diferentes, porém, de acordo com a norma as mesmas teriam a mesma nomenclatura, torna-se necessário a utilização de um sufixo para diferenciação dessas variáveis. A Figura 7 apresenta um exemplo explicativo de uma TAG de variável com a função de cada parte da TAG.

**Figura 7.** TAG correspondente a variável Energia Anual Gerada pelo Módulo 1 Solar



Fonte: Elaboração Própria

#### 5.4. Desenvolvimento do Sistema de Supervisão

A seguir são apresentadas as etapas para a criação do sistema de supervisão do I2S.

### 5.4.1. Criação das TAGs

A primeira etapa da criação do sistema de supervisão deu-se realizando um levantamento das variáveis utilizadas dos diversos subsistemas e a faixa de trabalho das mesmas. Após definição dos padrões para definição das TAGs das variáveis o mesmo foi utilizado para identificação das variáveis. Como exemplo de TAGs criadas, a Tabela 3 apresenta a lista de TAGs do subsistema de Energia Eólica, apresentando a TAG das variáveis dos subsistemas, descrição de cada TAG e o range de atuação de cada uma delas.

**Tabela 3.** Lista de TAGs utilizadas no subsistema de Energia Eólica

	TAG	Descrição	Range
Aerogerador 1	time_K401	Timestamp	DATA/HORA
	power_J401A	Potência Instantânea	0 à 3000 W
	power_J401B	Potência no Dia	0 à 36000 W
	power_J401C	Energia Gerada no Dia Anterior	0 à 3 kWh
	power_J401D	Energia Gerada no Mês	0 à 100 kWh
	power_J401E	Energia Gerada no Mês Anterior	0 à 100 kWh
	dc_E401	Tensão em Corrente Contínua	0 à 600 V
	dc_I401	Corrente em Corrente Contínua	0 à 20 A
	ac_E401	Tensão em Corrente Alternada	0 à 230 V
	ac_I401	Corrente em Corrente Alternada	0 à 15 A
	freq_S401	Frequência	0 à 120 Hz
temp_T401	Temperatura	-5 à 50 °C	
Aerogerador 2	time_K402	Timestamp	DATA/HORA
	power_J402A	Potência Instantânea	0 à 3000 W
	power_J402B	Potência no Dia	0 à 36000 W
	power_J402C	Energia Gerada no Dia Anterior	0 à 3 kWh
	power_J402D	Energia Gerada no Mês	0 à 100 kWh
	power_J402E	Energia Gerada no Mês Anterior	0 à 100 kWh
	dc_E402	Tensão em Corrente Contínua	0 à 600 V
	dc_I402	Corrente em Corrente Contínua	0 à 20 A
	ac_E402	Tensão em Corrente Alternada	0 à 230 V
	ac_I402	Corrente em Corrente Alternada	0 à 15 A
	freq_S402	Frequência	0 à 120 Hz
temp_T402	Temperatura	-5 à 50 °C	
Aerogerador 3	time_K403	Timestamp	DATA/HORA
	power_J403A	Potência Instantânea	0 à 3000 W
	power_J403B	Potência no Dia	0 à 36000 W
	power_J403C	Energia Gerada no Dia Anterior	0 à 3 kWh
	power_J403D	Energia Gerada no Mês	0 à 100 kWh
	power_J403E	Energia Gerada no Mês Anterior	0 à 100 kWh
	dc_E403	Tensão em Corrente Contínua	0 à 600 V
	dc_I403	Corrente em Corrente Contínua	0 à 20 A
	ac_E403	Tensão em Corrente Alternada	0 à 230 V
	ac_I403	Corrente em Corrente Alternada	0 à 15 A
	freq_S403	Frequência	0 à 120 Hz
temp_T403	Temperatura	-5 à 50 °C	

Fonte: Elaboração Própria

#### 5.4.2. Criação dos Tópicos

A segunda etapa foi a criação dos tópicos para utilização do protocolo de comunicação MQTT. Para criação dos tópicos foram utilizados os padrões definidos no item 5.3.1. A Tabela 4 a seguir apresenta os tópicos criados para identificar as TAGs da Tabela 3 apresentada no item 5.4.1.

**Tabela 4.** Lista de Tópicos utilizados no subsistema de Energia Eólica

Tópicos	
Aerogerador 1	POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-401/time_K401 POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-401/power_J401A POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-401/power_J401B POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-401/power_J401C POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-401/power_J401D POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-401/power_J401E POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-401/temp_T401 POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-401/dc_E401 POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-401/dc_I401 POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-401/ac_E401 POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-401/ac_I401 POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-401/ac_I401
Aerogerador 2	POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-402/time_K402 POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-402/power_J402A POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-402/power_J402B POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-402/power_J402C POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-402/power_J402D POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-402/power_J402E POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-402/temp_T402 POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-402/dc_E402 POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-402/dc_I402 POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-402/ac_E402 POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-402/ac_I402 POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-402/ac_I402
Aerogerador 3	POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-403/time_K403 POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-403/power_J403A POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-403/power_J403B POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-403/power_J403C POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-403/power_J403D POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-403/power_J403E POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-403/temp_T403 POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-403/dc_E403 POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-403/dc_I403 POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-403/ac_E403 POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-403/ac_I403 POLO/I2S/GERACAOEOLICA/NA/GE-JIT-403/ac_I403

Fonte: Elaboração Própria

### 5.4.3. Desenvolvimento das Telas de Supervisão

Após a definição das TAGs e dos tópicos que farão parte do sistema de supervisão do I2S, iniciou-se o desenvolvimento das telas de supervisão dos subsistemas. A Figura 8 apresenta a tela principal do sistema I2S sem que a mesma esteja rodando e ativa. No canto esquerdo da tela fica o menu de navegação, possibilitando a navegação pelas diferentes telas que compõem o sistema supervisorio. Na parte superior ficam os botões de navegação de início e retorno e o cabeçalho do sistema. O restante da tela é representada por uma área ativa, que mostra a tela que o usuário selecionar e queira visualizar.

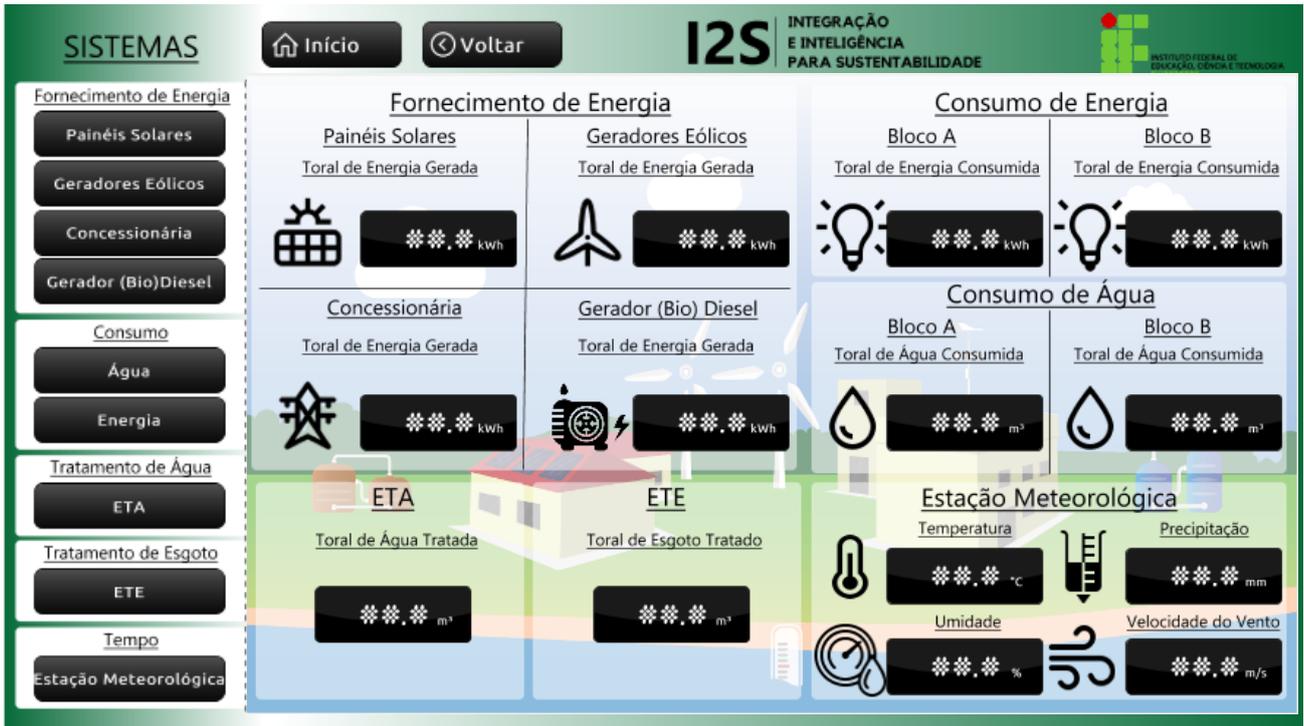
**Figura 8.** Tela Principal do Sistema I2S



Fonte: Elaboração Própria

O Sistema quando está operando, a área ativa da tela principal em sua condição inicial, apresenta informações resumidas de todos os subsistemas do I2S, ou seja, apresenta a informação da quantidade total de energia gerada, nos casos dos geradores eólicos, painéis solares e o gerador (bio)diesel e da quantidade total de energia fornecida pela concessionária de energia, compondo assim informações gerais do subsistema de Fornecimento de Energia, além de fornecer dados da quantidade total de água e energia consumida pelo campus, a quantidade de água e esgoto tratado pelo PICG e dos dados meteorológicos principais como temperatura, quantidade de precipitação, umidade relativa do ar e a velocidade do vento. A Figura 9 apresenta a tela principal do sistema I2S em operação.

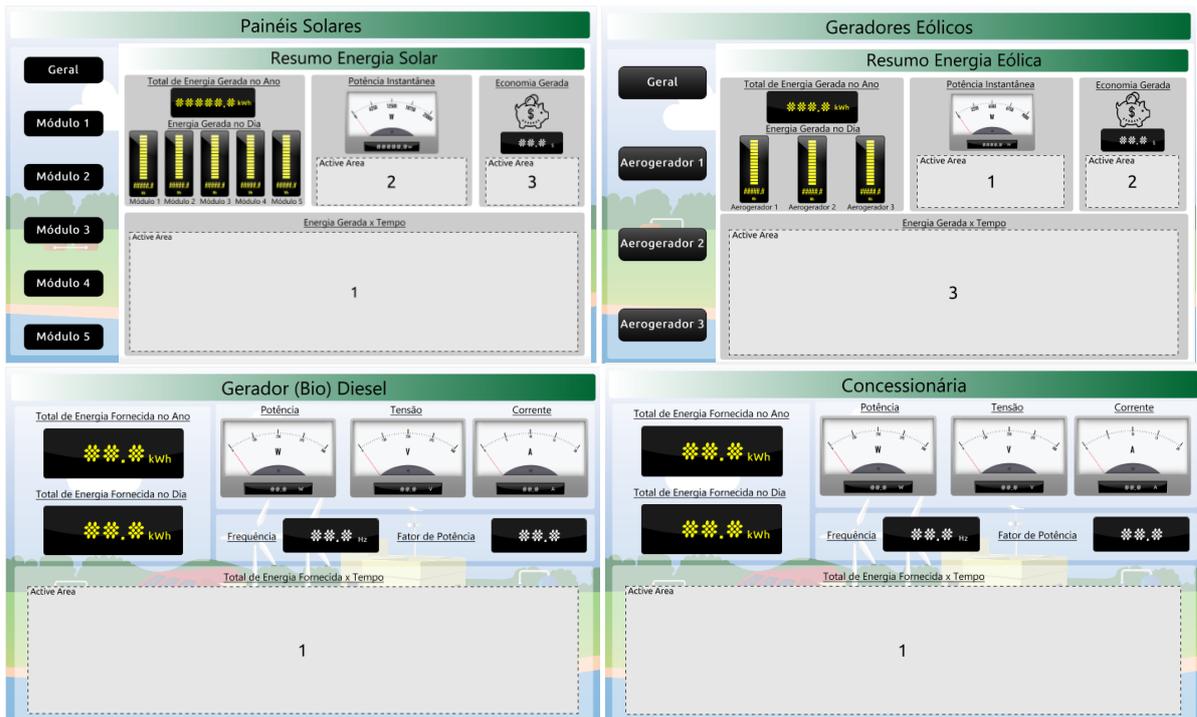
**Figura 9.** Tela Principal do Sistema I2S em operação



Fonte: Elaboração Própria

Para ter mais informações de cada subsistema, é preciso seleccionar as opções no menu do lado esquerdo da tela, a Figura 10 apresenta de forma resumida as informações que são fornecidas ao se clicar em cada uma das opções do subsistema de Fornecimento de Energia.

**Figura 10.** Telas do Subsistema de Fornecimento de Energia

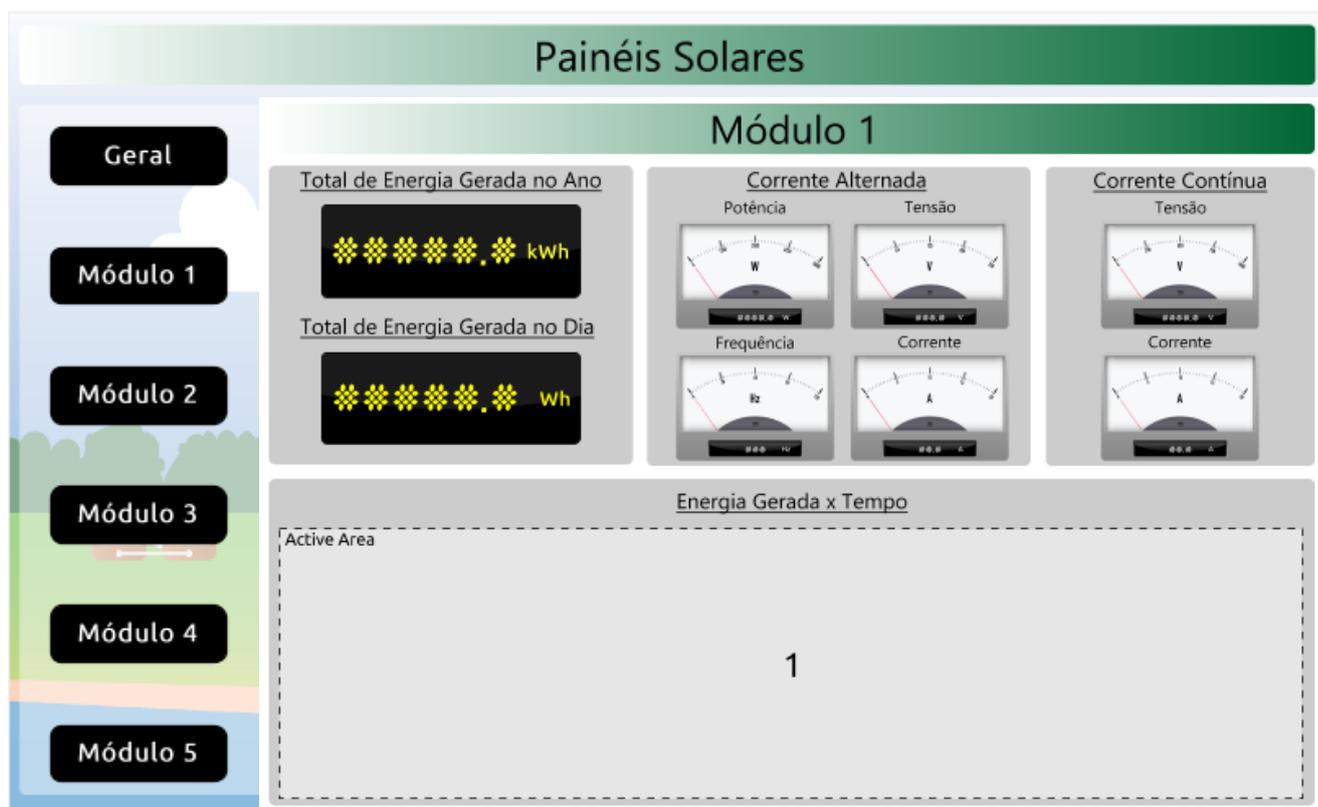


Fonte: Elaboração Própria

Cada tela do subsistema de Fornecimento de Energia fornece informações características de cada fonte de energia, isso faz com que cada uma delas apresente formas e informações diferentes em cada tela. Um exemplo são os painéis solares, o PICG contém cinco módulos instalados no campus e foi necessário criar uma tela para cada módulo, para que possam ser apresentadas informações de cada módulo independentemente.

A Figura 11 apresenta a tela dos painéis solares de forma expandida, mostrando informações do Módulo 1. A tela dos painéis solares também conta com um menu de navegação no lado esquerdo, para que seja possível navegar pelos diferentes módulos do sistema de geração solar. A tela de cada módulo apresenta informação da quantidade de energia gerada no ano e no dia, dados de potência, tensão, corrente e frequência em corrente alternada, tensão e corrente em corrente contínua, além de um gráfico de tendência, onde pode ser visualizado o total de energia gerada pelo módulo ao longo do tempo.

**Figura 11.** Telas do Subsistema de Fornecimento de Energia

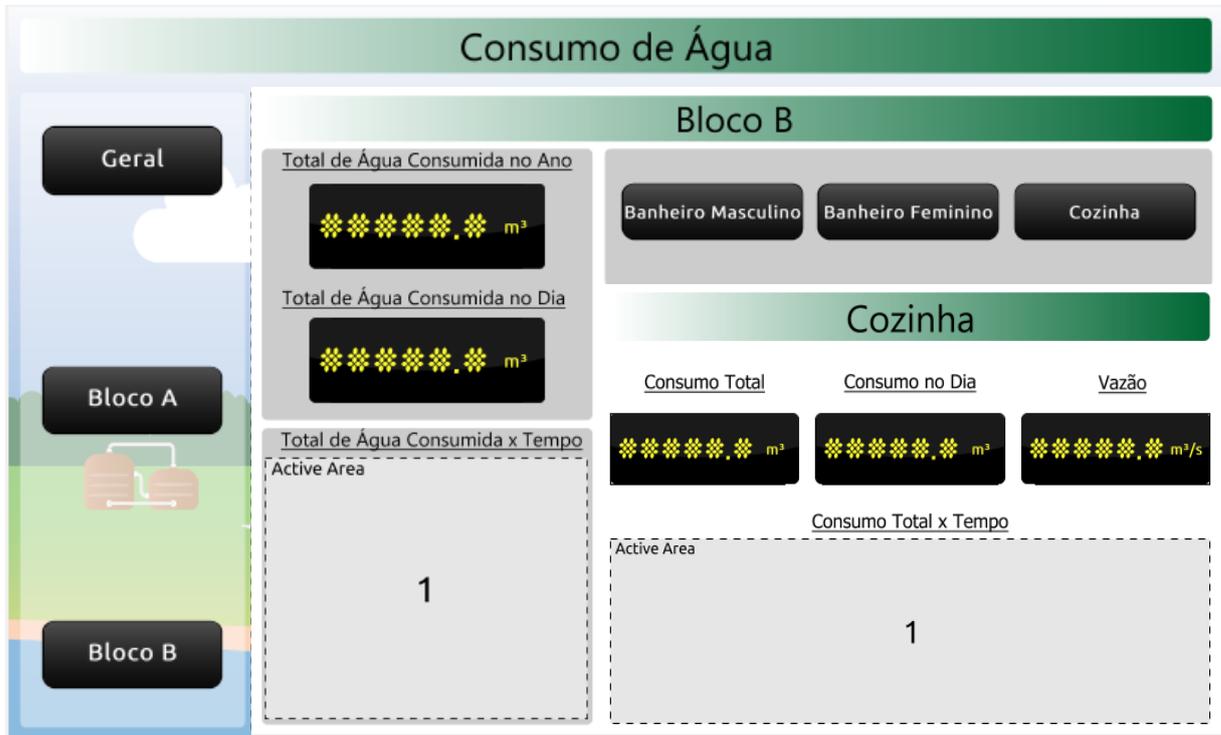


Fonte: Elaboração Própria

Além do subsistema de Fornecimento de Energia, podem ser selecionadas as telas do subsistema de Consumo de Recursos, Estação de Tratamento de Água, Estação de Tratamento de Esgoto e dados da Estação Meteorológica que compõem o subsistema de Consciência

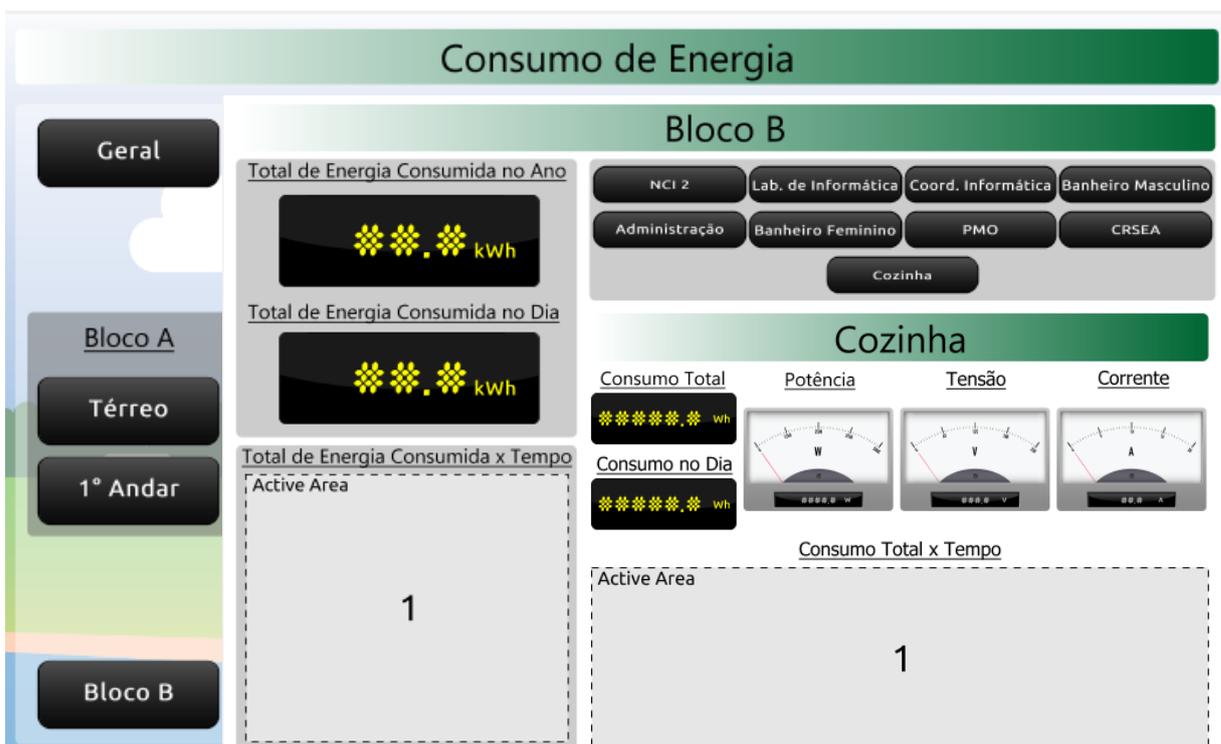
Situacional. A Figura 12 e a Figura 13 apresentam uma representação das telas de consumo de água e de energia respectivamente da cozinha localizada no Bloco B.

**Figura 12.** Tela com dados de Consumo de Água da Cozinha no Bloco B



Fonte: Elaboração Própria

**Figura 13.** Tela com dados de Consumo de Energia da Cozinha no Bloco B



Fonte: Elaboração Própria

Nas telas com dados de consumo, mantém-se o menu na lateral esquerda, para que possa ser selecionado o bloco que usuário deseja visualizar a informação ou as informações gerais de consumo do campus. Após a seleção da opção desejada, como exemplo da Figura x que apresenta as informações da cozinha do Bloco B, a tela apresenta informações gerais do bloco selecionado e informações específicas de cada cômodo, podendo assim navegar pelas diversas salas de cada Bloco, visualizando os consumos totais da sala e do dia e condições instantâneas das variáveis de cada processo.

Outras opções de telas do sistema de supervisão do I2S são as telas da Estação de Tratamento de Água e da Estação de Tratamento de Esgoto. Essas telas, por não terem sido passadas as informações contidas em cada processo, não puderam ser elaboradas e por isso foram deixadas em branco, para que possa ser feita a edição futura assim que as informações dos processos sejam fornecidas. A Figura 14 apresenta a tela do subsistema da Estação de Tratamento de Esgoto.

**Figura 14.** Tela da Estação de Tratamento de Esgoto

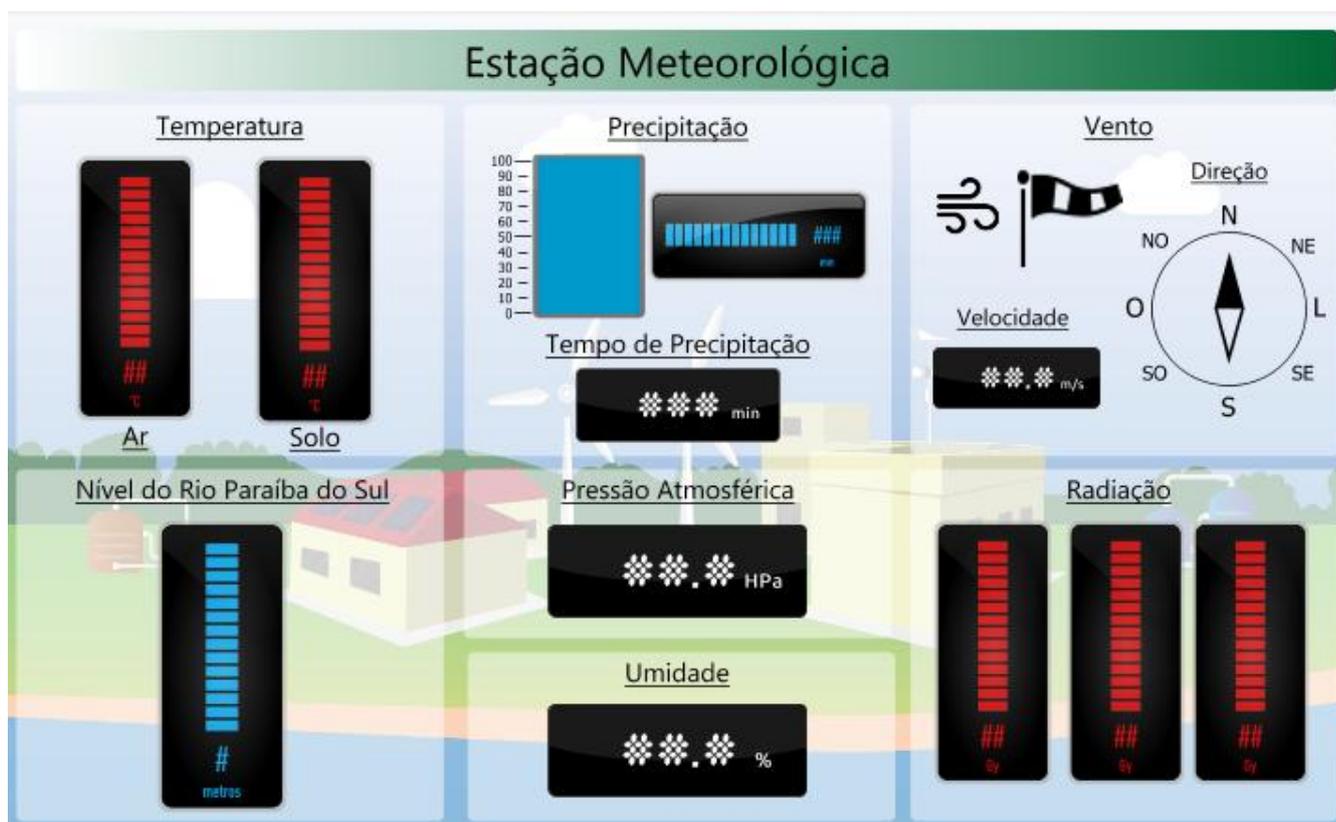


Fonte: Elaboração Própria

Finalizando as telas de supervisão, A Figura 15 apresenta a tela do subsistema de Consciência Situacional, onde podem ser visualizadas as informações da Estação Meteorológica, como dados de temperatura do ar e do solo, níveis e o tempo de precipitação,

nível do Rio Paraíba do Sul, etc.. Esses dados gerados da estação meteorológica, terão bastante valor para correlacionar com os dados e eventos na geração de energia elétrica por fontes renováveis, como por exemplo, os dados de radiação disponibilizados pela estação, poderão ser utilizados para analisar a eficiência da geração de energia através dos painéis solares, ou dados fornecidos pela estação meteorológica de velocidade e direção do vento para serem correlacionados com os dados de geração eólica, assim como outras variáveis que serão de grande importância para analisar a geração de energia limpa utilizada no PICG.

**Figura 15.** Tela com dados do subsistema de Consciência Situacional



Fonte: Elaboração Própria

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com o sistema de supervisão proposto é possível monitorar os primeiros subsistemas disponíveis no PICG que vão compor o sistema I2S, nos primeiros testes realizados foi possível estabelecer a comunicação, utilizando o protocolo MQTT, entre os equipamentos do sistema de geração de energia solar e eólico com o sistema de supervisão, À medida que outros sistemas forem implantados, será possível integrar outros diferentes tipos de dados oriundos de outros subsistemas.

Como o objetivo inicial do sistema supervisorio proposto para a arquitetura do I2S é fazer o monitoramento dos dados gerados dos subsistemas, o presente trabalho se mostra capaz de realizar essa tarefa, integrando os dados gerados por esses subsistemas e os disponibilizando em uma única plataforma. Uma vez que é possível estabelecer uma comunicação com os sistemas instalados no PICG e à medida que outros subsistemas comecem a publicar seus dados na rede, utilizando os padrões definidos no presente trabalho, o sistema está configurado para subscrever esses tópicos e disponibilizá-los para que possam ser visualizados e armazenados no banco de dados.

Como estudos futuros, após a implantação de todos os subsistemas, que o sistema possa migrar para a segunda etapa de criação de um sistema inteligente, que é a parte de implantação de sistemas de controle e atuação de instrumentos instalados no campus, de modo que o sistema cada vez chegue mais perto de seu objetivo, que é tornar o Polo de Inovação de Campos dos Goytacazes em um campus inteligente.

## 7. REFERÊNCIAS

- Abdrabbah, S. B., Ayachi, R., & Amor, N. B. (2017). Social Activities Recommendation System for Students in Smart Campus. In *Intelligent Interactive Multimedia Systems and Services 2017* (pp. 461–470). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-59480-4\\_46](https://doi.org/10.1007/978-3-319-59480-4_46)
- Adamkó, A. (2017). Building Smart University Using Innovative Technology and Architecture. In *Smart Universities* (pp. 161–188). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-59454-5\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-59454-5_6)
- ANSI/ISA-5.1-2009 Instrumentation Symbols and Identification. (2009). ISA. Retrieved from <https://www.isa.org/store/products/product-detail/?productId=116630>
- Bien, Z., Bang, W.-C., Kim, D.-Y., & Han, J.-S. (2002). Machine intelligence quotient: its measurements and applications. *Fuzzy Sets and Systems*, 127(1), 3–16. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(01\)00149-X](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(01)00149-X)
- Braun, J. E. (2007). Intelligent Building Systems - Past, Present, and Future. In *2007 American Control Conference* (pp. 4374–4381). <https://doi.org/10.1109/ACC.2007.4282463>
- Buckman, A. H., Mayfield, M., & B.M. Beck, S. (2014). What is a Smart Building? *Smart and Sustainable Built Environment*, 3(2), 92–109. <https://doi.org/10.1108/SASBE-01-2014-0003>
- Buschmann, F., Henney, K., Schmidt, D. C., & Buschmann, F. (2007). *On patterns and pattern languages*. Chichester: Wiley.
- Cavadas, L. de S. (2018). Integração de Dados de Sistemas de Geração de Energias Renováveis: Implementação no Polo de Inovação de Campos dos Goytacazes.

- Clements-Croome, D. (2011). Sustainable intelligent buildings for people: A review. *Intelligent Buildings International*, 3(2), 67–86. <https://doi.org/10.1080/17508975.2011.582313>
- Clements-Croome, D. (2013). *Intelligent Buildings: An Introduction*. Routledge.
- Clements-Croome, T. D. J. (1997). What do we mean by intelligent buildings? *Automation in Construction*, 6(5–6), 395–400. [https://doi.org/10.1016/S0926-5805\(97\)00018-6](https://doi.org/10.1016/S0926-5805(97)00018-6)
- Costa, H. G. (2010). Modelo para webibliomining: proposta e caso de aplicação. *Revista Da FAE*, 13(1, /jun.), 115–125.
- Costa, H. G. (2016). Modelo para webibliomining: proposta e caso de aplicação. *Revista da FAE*, 13(1), 115–126.
- European Environment Agency. (2017). Final energy consumption by sector and fuel [Indicator Assessment]. Retrieved May 23, 2018, from <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/final-energy-consumption-by-sector-9/assessment-1>
- Flax, B. M. (1991). Intelligent buildings. *IEEE Communications Magazine*, 29(4), 24–27. <https://doi.org/10.1109/35.76555>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017). AQUASTAT - FAO's Information System on Water and Agriculture. Retrieved May 22, 2018, from [http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water\\_use/index.stm#db](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.stm#db)
- Ghaffarianhoseini, A., Berardi, U., AlWaer, H., Chang, S., Halawa, E., Ghaffarianhoseini, A., & Clements-Croome, D. (2016). What is an intelligent building? Analysis of recent interpretations from an international perspective. *Architectural Science Review*, 59(5), 338–357. <https://doi.org/10.1080/00038628.2015.1079164>
- Gil, A. C. (2008). *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo, SP: Atlas.

- Gleizes, M.-P., Boes, J., Lartigue, B., & Thiébolt, F. (2017). neOCampus: A Demonstrator of Connected, Innovative, Intelligent and Sustainable Campus. In *Intelligent Interactive Multimedia Systems and Services 2017* (pp. 482–491). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-59480-4\\_48](https://doi.org/10.1007/978-3-319-59480-4_48)
- Guinard, D., & Trifa, V. M. (2016). *Building the web of things: with examples in Node.js and Raspberry Pi*. Shelter Island: Manning.
- IBM Redbooks | Building Smarter Planet Solutions with MQTT and IBM WebSphere MQ Telemetry. (2016, September 30). Retrieved December 6, 2017, from <http://www.redbooks.ibm.com/abstracts/sg248054.html>
- IEA. (n.d.). IEA - Report. Retrieved May 14, 2017, from <https://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=WORLD&product=indicators&year=2014>
- Kujuro, A., & Yasuda, H. (1993). Systems evolution in intelligent buildings. *IEEE Communications Magazine*, 31(10), 22–26. <https://doi.org/10.1109/35.237978>
- Li, G., & Su, Y. (2017). Intelligent Building Control System Based on Mobile Wireless Internet of Things. *International Journal of Online Engineering (iJOE)*, 13(10), 63–72.
- Lilis, G., Conus, G., Asadi, N., & Kayal, M. (2017). 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*, 28, 473–481. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.08.019>
- Malatji, E. M. (2017). The development of a smart campus - African universities point of view. In *2017 8th International Renewable Energy Congress (IREC)* (pp. 1–5). <https://doi.org/10.1109/IREC.2017.7926010>

- Ministério de Minas e Energia. (n.d.). BIODIESEL. Retrieved May 7, 2017, from <http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/biodiesel/perguntas.html>
- Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F., & Chlamtac, I. (2012). Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad Hoc Networks*, *10*(7), 1497–1516. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2012.02.016>
- myDESIGNER - project creation tool. (n.d.). Retrieved May 24, 2018, from <https://www.myscada.org/mydesigner/>
- myDesigner: User Manual 2017. (2017).
- mySCADA Technologies- professional HMI/SCADA Solution. (n.d.). Retrieved May 23, 2018, from <https://www.myscada.org/en/>
- ONU. (2015, July 30). ONU projeta que população mundial chegue aos 8,5 mil milhões em 2030. Retrieved December 16, 2016, from <http://www.unric.org/pt/actualidade/31919-onu-projeta-que-populacao-mundial-chegue-aos-85-mil-milhoes-em-2030>
- Ribeiro, V. B., Cavadas, L. de S., Carvalho, R. A. de, & Vianna, W. da S. (2017). Integration and intelligence for sustainability — I2S An overview of the I2S: Intelligent building's concept from the Campos dos Goytacazes innovation hub campus (pp. 1–4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/URUCON.2017.8171852>
- Sari, M. W., Ciptadi, P. W., & Hardyanto, R. H. (2017). Study of Smart Campus Development Using Internet of Things Technology. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *190*(1), 012032. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/190/1/012032>
- Silva, E. L. D., & Menezes, E. M. (2005). *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação* (4a. edição). Florianópolis, SC: UFSC. Retrieved from [https://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia\\_de\\_pesquisa\\_e\\_elaboracao\\_de\\_teses\\_e\\_dissertacoes\\_4ed.pdf](https://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia_de_pesquisa_e_elaboracao_de_teses_e_dissertacoes_4ed.pdf)

- Sutedy, V., Wang, P., Koh, L. H., & Choo, F. H. (2015). Intelligent eco-building management system. In *2015 IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER)* (pp. 229–233). <https://doi.org/10.1109/CYBER.2015.7287940>
- Torcellini, P., Pless, S., Deru, M., & Crawley, D. (2006). Zero energy buildings: a critical look at the definition. *National Renewable Energy Laboratory and Department of Energy, US*. Retrieved from [http://www.biomassthermal.org/programs/documents/118\\_ZEBCriticalLookDefinition.pdf](http://www.biomassthermal.org/programs/documents/118_ZEBCriticalLookDefinition.pdf)
- UNESCO. (2014). The United Nations World Water Development Report 2014 - Water and Energy. Retrieved from <http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002257/225741E.pdf>
- Uskov, V. L., Bakken, J. P., Karri, S., Uskov, A. V., Heinemann, C., & Rachakonda, R. (2017). Smart University: Conceptual Modeling and Systems' Design. In *Smart Universities* (pp. 49–86). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-59454-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-59454-5_3)
- Wigginton, M., & Harris, J. (2002). *Intelligent skins*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Wong, J. K. W., Li, H., & Wang, S. W. (2005). Intelligent building research: a review. *Automation in Construction*, *14*(1), 143–159. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2004.06.001>
- Wong, J., Li, H., & Lai, J. (2008). Evaluating the system intelligence of the intelligent building systems: Part 1: Development of key intelligent indicators and conceptual analytical framework. *Automation in Construction*, *17*(3), 284–302. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2007.06.002>
- World Bank. (n.d.). Annual freshwater withdrawals, total (billion cubic meters) | Data. Retrieved May 14, 2017, from

<http://data.worldbank.org/indicator/ER.H2O.FWTL.K3?end=2014&start=2014&view=bar>

## 8. APÊNDICE I

A seguir será apresentada a análise bibliométrica realizada através de pesquisa na base de dados *Scopus(Elsevier)*. A análise feita foi elaborada com base no modelo de *webibliomining* proposto por (Costa, 2010), adaptando alguns parâmetros para o presente trabalho e suas etapas estão descritas abaixo. Foram realizadas 3 pesquisas para definição do referencial bibliográfico inicial, todas elas utilizando as mesmas regras.

### 8.1. Definição da amostra

. A amostra pesquisada corresponde aos artigos indexados a base de dados de *Scopus (Elsevier)*, com acesso através do Portal de Periódicos Capes em Maio de 2017. A escolha desta base deve-se à sua representatividade e abrangência, com mais de 21 mil periódicos de todas as áreas de conhecimento. Quanto ao recorte temporal, a pesquisa foi realizada em 11/05/2017, contemplando todos os anos disponíveis na base. Esta etapa será aplicada a todas as pesquisas realizadas neste trabalho.

### 8.2. Primeira Pesquisa

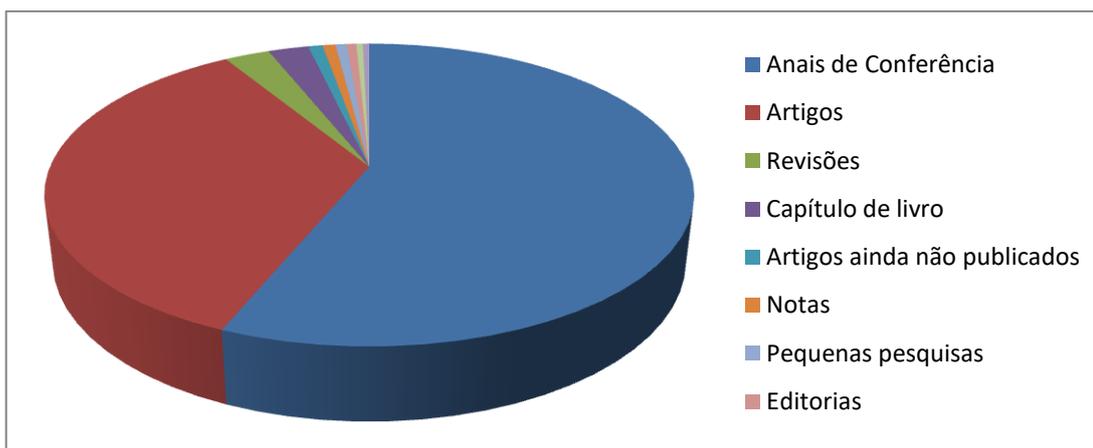
A primeira pesquisa realizada, visa encontrar trabalhos que abordem *Intelligent Buildings* e *Smart Buildings* de forma mais abrangente, identificando todos trabalhos que tratam do tema.

#### 8.2.1. Pesquisa na amostra

A pesquisa foi realizada utilizando o seguinte termo ( `TITLE ("intelligent buildings") OR TITLE ("smart building")` ), estabeleceu-se que esses termos deveriam ser pesquisados apenas nos títulos dos documentos. A pesquisa retornou 1043 registros, cuja distribuição por tipo de publicação é apresentada na Tabela 5 e no Gráfico 1.

**Tabela 5.** Distribuição dos registros por tipo de publicação - Primeira Pesquisa

Tipo de Publicação	Quantidade de registros
Anais de Conferência	586
Artigos	365
Revisões	28
Capítulo de livro	25
Artigos ainda não publicados	9
Notas	8
Pequenas pesquisas	7
Editorias	6
Livros	4
Erratas	4



**Gráfico 1:** Distribuição dos registros por tipo de publicação - Primeira Pesquisa

**Fonte:** Elaboração Própria

Com base nos dados, verifica-se que majoritariamente os trabalhos publicados relativos ao tema são artigos publicados em anais de conferências e em periódicos, correspondendo mais de 90% das publicações. A pesquisa bibliométrica realizada neste trabalho considerou apenas os artigos publicados em anais de conferências e periódicos, artigos de revisões e capítulos de livros, totalizando 1004 artigos. Os resultados serão apresentados a seguir.

### 8.2.2. Identificação dos periódicos com maior número de artigos publicados

Foram identificados na pesquisa 86 periódicos indexados na base com ao menos 1 artigo relacionado aos parâmetros da busca. Foram considerados como os principais periódicos, os 10 primeiros periódicos com mais publicações relacionadas ao tema. Os periódicos selecionados podem ser visualizados na Tabela 6 a seguir.

**Tabela 6.** Distribuição dos artigos por veículo de publicação - Primeira Pesquisa

Título do Periódico	Número de artigos
Advanced Materials Research	31
Applied Mechanics And Materials	23
Lecture Notes In Computer Science Including Subseries Lecture Notes In Artificial Intelligence And Lecture Notes In Bioinformatics	22
Intelligent Buildings International	20
Automation In Construction	15
Energy And Buildings	15
Facilities	15
Engineered Systems	13
Building And Environment	11
IEEE Communications Magazine	11

**Fonte:** Elaboração Própria

### 8.2.3. Identificação dos autores com maior número de publicações

Nesta etapa da análise foi feito um levantamento dos principais autores relacionados com aos critérios de busca. Ao todo foram encontrados 158 autores com trabalhos publicados. A Tabela 7 mostram os 10 autores que possuem mais artigos indexados na base e que foram considerados os principais autores relacionados ao tema de acordo com a pesquisa feita. Ressaltando que nesta etapa da pesquisa tratou-se da mesma forma autoria e coautoria.

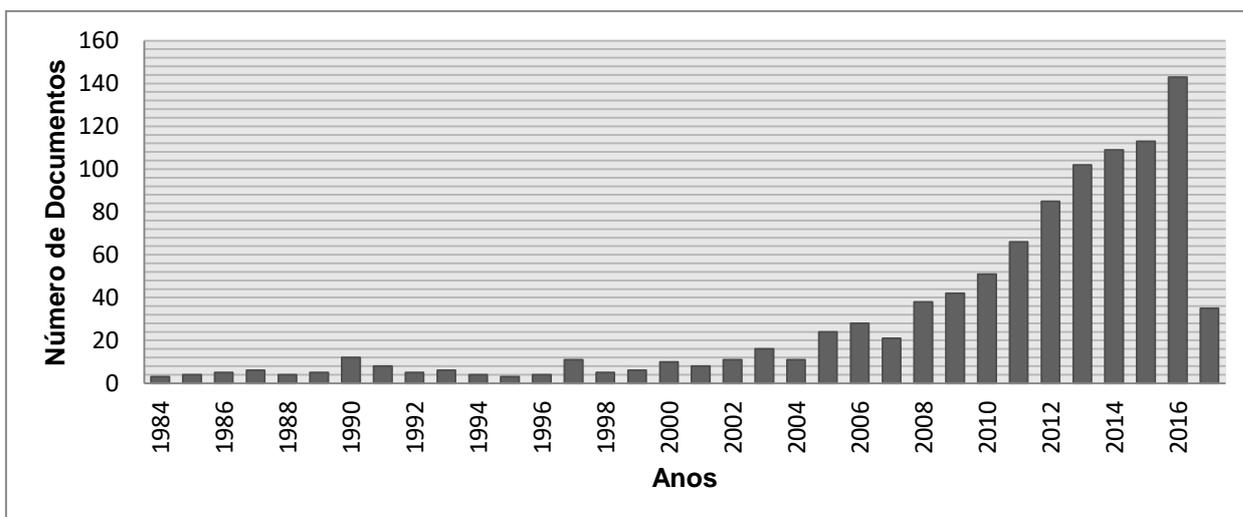
**Tabela 7.** Autores com maior número de publicação - Primeira Pesquisa

Autor	Número de artigos
Clements-Croome, D.	14
Skarmeta, A. F.	12
Li, H.	9
Ehrlich, P.	8
Moreno, M. V.	8
Zhang, Z.	8
Callaghan, V.	7
Schmeck, H.	7
Wang, L.	7
Cheng, H.	7

Fonte: Elaboração Própria

### 8.2.4. Cronologia da produção

No Gráfico 2 é apresentada a evolução da produção científica relativo ao tema e a Tabela 4 apresenta o número de publicações por ano.



**Gráfico 2:** Distribuição de artigos por ano de produção - Primeira Pesquisa

Fonte: Elaboração Própria

Analisando os dados apresentados podemos visualizar que a produção científica, relacionada ao tema, começou na década de 80, com o primeiro registro no ano de 1984. Observa-se no Gráfico 2 que até os anos 2000 a produção científica apresentava um número de artigos com poucas variações e que a partir deste ano começou a apresentar crescimentos significativos, com o ano de 2016 como o ano com maior número de publicações, com 143 registros. A Tabela 8 mostra o número de registros por ano de 1984 à 2017.

**Tabela 8.** Número de registros por ano de publicação - Primeira Pesquisa

Ano	Nº de Documentos	Ano	Nº de Documentos	Ano	Nº de Documentos
1984	3	1996	4	2008	38
1985	4	1997	11	2009	42
1986	5	1998	5	2010	51
1987	6	1999	6	2011	66
1988	4	2000	10	2012	85
1989	5	2001	8	2013	102
1990	12	2002	11	2014	109
1991	8	2003	16	2015	113
1992	5	2004	11	2016	143
1993	6	2005	24	2017	35
1994	4	2006	28		
1995	3	2007	21		

**Fonte:** Elaboração própria

### 8.2.5. Seleção de artigos para composição do "núcleo de partida"

Nesta seção são apresentados os artigos selecionados para compor o referencial bibliográfico inicial. Como a primeira pesquisa apresentou um grande número de artigos e as regras propostas por Costa (Costa, 2016) resultariam em uma quantidade de artigos extensa, adotou-se um regra geral de usar dez artigos em cada etapa.

#### 8.2.5.1. Seleção dos artigos mais antigos

- Smart Buildings for intelligent people, de Cross, Thomas B. (1985).
- Fiber optic network design for integrated services in intelligent buildings, de Hara, E. (1986).
- Integrated Broad-Band Service–The Intelligent Building Strategy, de Hara, E. (1986).
- Intelligent buildings, de Eley, J. (1986).
- A fiber optic network design for intelligent building, de Hara, E. (1988).
- Analysis: intelligent buildings, de Owen, N. e Harrison, A. (1990).
- Intelligent design teams design intelligent buildings, de Powell, J. A. (1990).
- Intelligent buildings, de Flax, B. M. (1991).
- Construction aspects of intelligent buildings, Fujie S. e Mikami, Y. (1991).
- The intelligent building telecommunications infrastructure, de Kreager, P. S. (1991).

### **8.2.5.2. Artigos mais recentes**

- Integrated living environment: Measurements in modern energy efficient smart building with implemented the functionality of telemedicine, de Jabłoński, I. (2017).
- A Multiagent Minority-Game-Based Demand-Response Management of Smart Buildings Toward Peak Load Reduction, de Huang, H., Cai, Y., Xu, H. e Yu, H. (2017).
- Context modeling for intelligent building energy aware, de Putri, G.A.A., Nugroho, L.E. e Widyawan (2017).
- Energy management of multi-carrier smart buildings for integrating local renewable energy systems, de Arnone, D., Croce, V., Paternò, G., Rossi, A., Emma, S., Miceli, R. e Di Tommaso, A.O. (2017).
- A two-stage Energy Management System for smart buildings reducing the impact of demand uncertainty, de Di Piazza, M.C., La Tona, G., Luna, M. e Di Piazza, A. (2017).
- Study of intelligent building system based on the internet of things, de Wan, L. e Xu, R. (2017).
- Thermal state of electronic assemblies applied to smart building equipped with QFN64 device subjected to natural convection, de Baïri, A., Roseiro, L., Martín-Garín, A., Adeyeye, K. e Millán-García, J.A. (2017).
- Comparison of energy consumption in Wi-Fi and Bluetooth communication in a Smart Building, de Putra, G.D., Pratama, A.R., Lazovik, A. e Aiello, M. (2017).
- Connecting the Last Mile: Demand Response in Smart Buildings, de Cui, T., Carr, J., Brissette, A. e Ragaini, E. (2017).
- A multi-tenant cloud-based DC nano grid for self-sustained smart buildings in smart cities, de Kumar, N., Vasilakos, A.V. e Rodrigues, J.J.P.C. (2017).

### **8.2.5.3. Artigos com maior grau de relevância (mais citados)**

- Occupancy-driven energy management for smart building automation, de Agarwal, Y., Balaji, B., Gupta, R., Lyles, J., Wei, M. e Weng, T. (2010).
- Intelligent building research: A review, de Wong, J.K.W., Li, H. e Wang, S.W. (2005).
- Energy intelligent buildings based on user activity: A survey, de Nguyen, T.A. e Aiello, M. (2013).
- Intelligent building energy management system using rule sets, de Doukas, H., Patlitzianas, K.D., Iatropoulos, K. e Psarras, J. (2007).
- Application of the analytic hierarchy process (AHP) in multi-criteria analysis of the selection of intelligent building systems, de Wong, J.K.W. e Li, H. (2008).

- Key performance indicators (KPIs) and priority setting in using the multi-attribute approach for assessing sustainable intelligent buildings, de ALwaer, H. e Clements-Croome, D.J. (2010).
- Smart buildings, de Snoonian, D. (2003).
- A multicriteria lifespan energy efficiency approach to intelligent building assessment, de Chen, Z., Clements-Croome, D., Hong, J., Li, H. e Xu, Q. (2006).
- Efficient energy consumption and operation management in a smart building with microgrid, de Zhang, D., Shah, N. e Papageorgiou, L.G. (2013).
- A system architecture for autonomous demand side load management in smart buildings, de Costanzo, G.T., Zhu, G., Anjos, M.F. e Savard, G. (2012).

### 8.3. Segunda Pesquisa

A segunda pesquisa realizada visou identificar trabalhos que abordam os sistemas utilizados nos *Intelligent Buildings* e *Smart Buildings*.

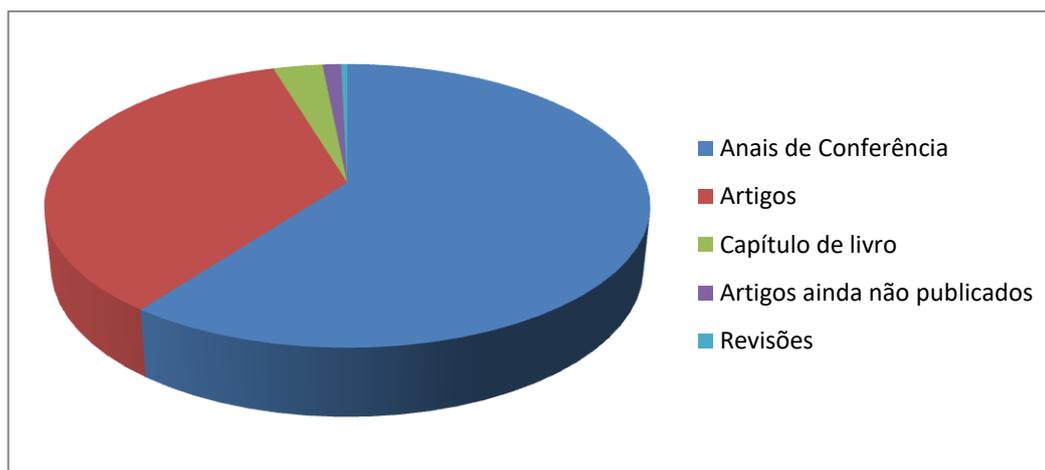
#### 8.3.1. Pesquisa na amostra

Nesta segunda pesquisa foi pesquisado o termo (TITLE("intelligent buildings") OR TITLE("smart building")AND TITLE(system)). A pesquisa retornou 259 registros, e sua distribuição por tipo de publicação é apresentado na Tabela 9 e no Gráfico 3.

**Tabela 9.** Distribuição dos registros por tipo de publicação - Segunda Pesquisa

<b>Tipo de Publicação</b>	<b>Quantidade de registros</b>
Anais de Conferência	156
Artigos	91
Capítulo de livro	8
Artigos ainda não publicados	3
Revisões	1

**Fonte:** Elaboração própria



**Gráfico 3:** Distribuição dos registros por tipo de publicação - Segunda Pesquisa

**Fonte:** Elaboração Própria

A pesquisa foi refinada utilizando os mesmos critérios da primeira pesquisa, resultando em 256 registros que serão analisados a seguir..

### 8.3.2. Identificação de periódicos com maior número de artigos publicados

Nesta pesquisa foram identificados 74 periódicos com ao menos 1 artigo publicado relativo ao tema da pesquisa. Como feito na pesquisa anterior, serão apresentados os 10 periódicos com mais artigos publicados, os resultados podem ser vistos na Tabela 10 a seguir.

**Tabela 10.** Distribuição dos artigos por veículo de publicação - Segunda Pesquisa

Título do Periódico	Número de artigos
Advanced Materials Research	16
Applied Mechanics And Materials	9
Automation In Construction	6
Przegląd Elektrotechniczny	6
Energy And Buildings	5
Proceedings of The World Congress on Intelligent Control and Automation WCICA	4
Building And Environment	3
IEEE Communications Magazine	3
Journal of Beijing Institute of Technology English Edition	3
Lecture Notes In Computer Science Including Subseries Lecture Notes In Artificial Intelligence And Lecture Notes In Bioinformatics	3

**Fonte:** Elaboração própria

### 8.3.3. Identificação dos autores com maior número de publicações

Ao todo foram identificados 157 registros de autores com trabalhos publicados na base, a Tabela 11 apresenta os 10 autores com maior número de trabalhos publicados, tratando da mesma forma autoria e coautoria.

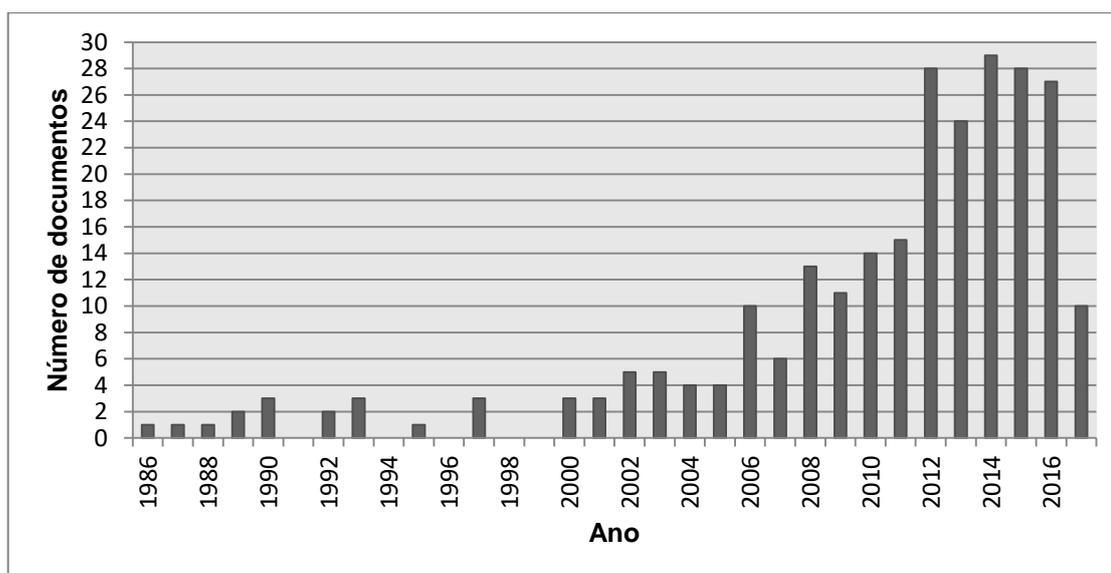
**Tabela 11.** Autores com maior número de publicação - Segunda Pesquisa

Autor	Número de artigos
Miyagi, P. E.	6
Wong, J.	5
Li, H.	5
Su, K. L.	4
Luo, R. C.	4
Kujuro, A.	4
Zhang, Y.	3
Wei, S.	3
Wang, L.	3
Sun, Y.	3

Fonte: Elaboração própria

### 8.3.4. Cronologia da produção

O Gráfico 4 e a Tabela 12 apresentam o número de trabalhos publicados por ano de publicação.



**Gráfico 4:** Distribuição dos registros por tipo de publicação - Segunda Pesquisa

Fonte: Elaboração Própria

**Tabela 12.** Número de registros por ano de publicação - Segunda Pesquisa

Ano	Nº de Documentos	Ano	Nº de Documentos	Ano	Nº de Documentos
1986	1	1997	3	2008	13
1987	1	1998	0	2009	11
1988	1	1999	0	2010	14
1989	2	2000	3	2011	15
1990	3	2001	3	2012	28
1991	0	2002	5	2013	24
1992	2	2003	5	2014	29
1993	3	2004	4	2015	28
1994	0	2005	4	2016	27
1995	1	2006	10	2017	10
1996	0	2007	6		

**Fonte:** Elaboração Própria

Com base nos dados apresentados acima, verifica-se que os trabalhos que abordam os sistemas dos prédios inteligentes seguem tendência semelhante a cronologia da primeira pesquisa, porém apresentam menor variação na quantidade de trabalhos até o ano de 2005 e a partir do ano de 2006 apresentam crescimento dos trabalhos publicados com o pico de produção em 2014, com 29 trabalhos publicados.

### **8.3.5. Seleção dos artigos para composição do "núcleo de partida"**

Para seleção dos artigos que irão compor o "núcleo de partida", serão utilizadas as regras propostas por Costa (2010), pois, nesta nova pesquisa, o número de trabalhos resultante, viabilizam a utilização das mesmas.

#### **8.3.5.1. Seleção dos 3 artigos mais antigos (aproximadamente 1% dos artigos encontrados na pesquisa)**

- Internetworked PBX-Computer Systems for Intelligent Building Applications: Computer information networks in Japanese office buildings accommodate the needs of businesses and individual workers, de Douligeris, C. (1993).
- Internetworked PBX-Computer Systems for Intelligent Building Applications, de Ishibashi, M. e Ito, M. (1993).
- Systems Evolution in Intelligent Buildings: Upgraded information processing and communications functions of building automation services have enhanced the quality of building services de Kujuro, A. (1993).

#### **8.3.5.2. Seleção dos 12 artigos mais recentes de autores diferentes (aproximadamente 5% dos artigos encontrados na pesquisa)**

- Energy management of multi-carrier smart buildings for integrating local renewable energy systems, de Arnone, D., Croce, V., Paternò, G., Rossi, A., Emma, S., Miceli, R. e Di Tommaso, A.O. (2017).

- A two-stage Energy Management System for smart buildings reducing the impact of demand uncertainty, de Di Piazza, M.C., La Tona, G., Luna, M. e Di Piazza, A. (2017).
- Study of intelligent building system based on the internet of things, de Wan, L. e Xu, R. (2017).
- Using Intelligent Building Energy Management System for the Integration of Several Systems to one Overall Monitoring and Management System, de Papantoniou, S., Mangili, S. e Mangialenti, I. (2017).
- Robust anticipative energy management system: Application of a smart building platform, de Le, M.-H. e Ploix, S. (2017).
- IoT Considerations, Requirements, and Architectures for Smart Buildings-Energy Optimization and Next-Generation Building Management Systems, de Minoli, D., Sohraby, K. e Occhiogrosso, B. (2017).
- Towards an IoT big data analytics framework: Smart buildings systems, de Bashir, M.R. e Gill, A.Q. (2017).
- Smart building energy management systems (BEMS) simulation conceptual framework, de Ock, J., Issa, R.R.A. e Flood, I. (2017).
- Availability & security assessment of smart building automation systems: Combining of attack tree analysis & markov models, de Abdulmunem, A.-S.M.Q. e Kharchenko, V.S. (2017).
- Towards the next generation of intelligent building: An assessment study of current automation and future IoT based systems with a proposal for transitional design, de Lilis, G., Conus, G., Asadi, N. e Kayal, M. (2017).
- Interactive Teachable Cognitive Agents: Smart Building Blocks for Multiagent Systems, de Subagdja, B. e Tan, A.-H. (2017).
- Semi-active control of smart building-MR damper systems using novel TSK-Inv and max-min algorithms, de Askari, M., Li, J. e Samali, B. (2017).

**8.3.5.3. Seleção dos 12 artigos com maior grau de relevância (aproximadamente 5% dos artigos encontrados na pesquisa).**

- Intelligent building energy management system using rule sets, de Doukas, H., Patlitzianas, K.D., Iatropoulos, K. e Psarras, J. (2007).
- Application of the analytic hierarchy process (AHP) in multi-criteria analysis of the selection of intelligent building systems, de Wong, J.K.W. e Li, H. (2008).

- A system architecture for autonomous demand side load management in smart buildings, de Costanzo, G.T., Zhu, G., Anjos, M.F. e Savard, G. (2012).
- Cyber-physical energy systems: Focus on smart buildings, de Kleissl, J. e Agarwal, Y. (2010).
- Multi-agent control system with information fusion based comfort model for smart buildings, de Wang, Z., Wang, L., Dounis, A.I. e Yang, R. (2012).
- A SCADA system for energy management in intelligent buildings, de Figueiredo, J. e Sá Da Costa, J. (2012).
- Evaluating the system intelligence of the intelligent building systems. Part 1: Development of key intelligent indicators and conceptual analytical framework, de Wong, J., Li, H. e Lai, J. (2008).
- A middleware for web service-enabled integration and interoperation of intelligent building systems, de Wang, S., Xu, Z., Cao, J. e Zhang, J. (2007).
- Development of a conceptual model for the selection of intelligent building systems, de Wong, J. e Li, H. (2006).
- IPower: An energy conservation system for intelligent buildings by wireless sensor networks, de Yeh, L.-W., Wang, Y.-C. e Tseng, Y.-C. (2009).
- Intelligent building systems - Past, present, and future, de Braun, J.E. (2007).
- Fire detection and isolation for intelligent building system using adaptive sensory fusion method, de Luo, R.C., Su, K.L. e Tsai, K.H. (2002).

#### **8.4. Terceira Pesquisa**

Nesta pesquisa buscou-se identificar os trabalhos que abordam a arquitetura dos sistemas dos "*Intelligent Buildings*" e "*Smart Buildings*".

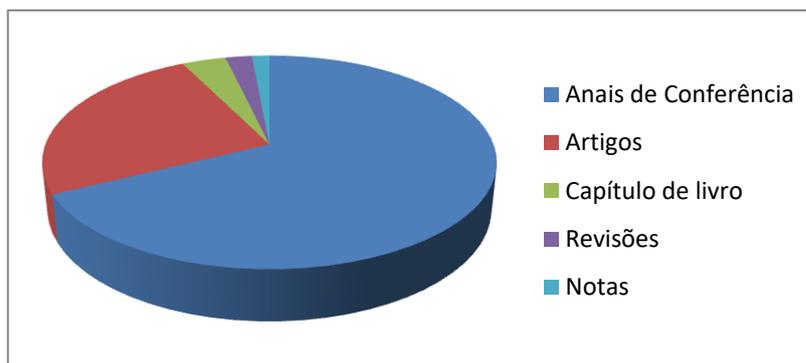
##### **8.4.1. Pesquisa na amostra**

A terceira pesquisa foi realizada utilizando o termo (TITLE ("*intelligent buildings*") OR TITLE ("*smart buildings*") AND TITLE-ABS-KEY ( *architecture* )) e estabeleceu-se que os termos "intelligent buildings" e "smart buildings" continuassem a ser buscados nos títulos dos trabalhos, porem o novo termo "architecture" adicionado à busca fossem buscados nos títulos, resumos e palavras chaves dos documentos, abrangendo mais documentos relacionados ao tema. Foram retornados 136 documentos, cuja distribuição por tipo de publicação pode ser conferida na Tabela 13 e Gráfico 5.

**Tabela 13.** Distribuição dos registros por tipo de publicação - Terceira Pesquisa

Tipo de Publicação	Quantidade de registros
Anais de Conferência	92
Artigos	34
Capítulo de livro	5
Revisões	3
Notas	2

**Fonte:** Elaboração Própria



**Gráfico 5:** Distribuição dos registros por tipo de publicação - Terceira Pesquisa

**Fonte:** Elaboração Própria

Para a análise bibliométrica refinou-se a pesquisa assim como nas pesquisas anteriores aos artigos publicados em anais de conferência, artigos de periódicos, capítulos de livros e revisões, totalizando 135 registros para análise que será apresentada a seguir.

#### **8.4.2. Identificação de periódicos com maior número de artigos publicados**

Foram encontrados 60 registros de periódicos indexados na base, que atendiam os parâmetros da busca com ao menos 1 artigo publicado. A Tabela 14 apresenta os 5 periódicos com mais artigos publicados relativos ao tema encontrados na pesquisa.

**Tabela 14.** Distribuição dos artigos por veículo de publicação - Terceira Pesquisa

Título do Periódico	Número de artigos
Ceur Workshop Proceedings	4
Intelligent Building International	3
Lecture Notes In Business Information Processing	3
Advanced Materials Research	2
Automation In Construction	2

**Fonte:** Elaboração Própria

### 8.4.3. Identificação dos autores com maior número de publicações

Foram encontrados 159 registros de autores com ao menos 1 artigo publicado na base. A Tabela 15 a seguir apresenta os 10 autores com mais publicações relacionadas ao tema da busca.

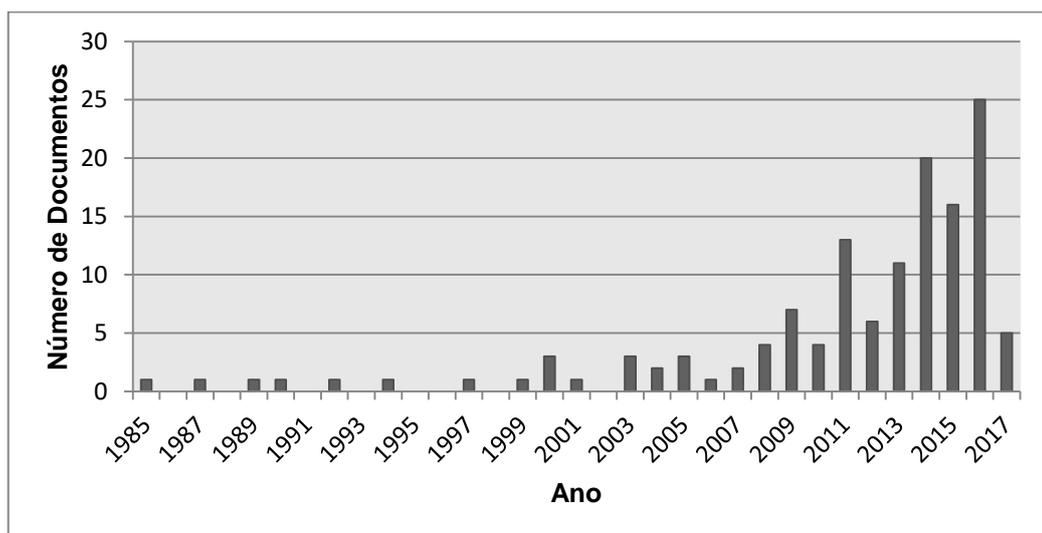
**Tabela 15.** Autores com maior número de publicação - Terceira Pesquisa

Autor	Número de artigos
Callaghan, V.	4
Anagnostopoulos, D.	3
Bravos, G.	3
Dimitrakopoulos, G.	3
Hagras, H.	3
Nicolaidou, M.	3
Schmeck, H.	3
Dimopoulos, A.	3
Allerding, F.	2
Billhardt, H.	2

**Fonte:** Elaboração própria

### 8.4.4. Cronologia da produção

O Gráfico 6 e a Tabela 16 apresentam a evolução da produção científica referente ao tema, em escala cronológica.



**Gráfico 6:** Distribuição dos registros por tipo de publicação - Terceira Pesquisa

**Fonte:** Elaboração Própria

**Tabela 16.** Número de registros por ano de publicação - Terceira Pesquisa

Ano	Nº de Documentos	Ano	Nº de Documentos	Ano	Nº de Documentos
1985	1	1996	0	2007	2
1986	0	1997	1	2008	4
1987	1	1998	0	2009	7
1988	0	1999	1	2010	4
1989	1	2000	3	2011	13
1990	1	2001	1	2012	6
1991	0	2002	0	2013	11
1992	1	2003	3	2014	20
1993	0	2004	2	2015	16
1994	1	2005	3	2016	25
1995	0	2006	1	2017	5

Fonte: Elaboração Própria

#### **8.4.5. Seleção dos artigos para composição do "núcleo de partida"**

##### **8.4.5.1. Seleção do artigo mais antigo (aproximadamente 1% dos artigos encontrados na pesquisa)**

- An integrated approach to design and engineering of intelligent buildings - The Intelligent Workplace at Carnegie Mellon University, de Hartkopf, V., Loftness, V., Mahdavi, A., Lee, S. e Shankavaram, J. (1997).

##### **8.4.5.2. Seleção dos 6 artigos mais recentes de autores diferentes (aproximadamente 5% dos artigos encontrados na pesquisa)**

- Study of intelligent building system based on the internet of things, de Wan, L. e Xu, R. (2017).
- Thermal state of electronic assemblies applied to smart building equipped with QFN64 device subjected to natural convection, de Baïri, A., Roseiro, L., Martín-Garín, A., Adeyeye, K., Millán-García e J.A. (2017).
- S2Net: A security framework for software defined intelligent building networks, de Xue, N., Huang, X. e Zhang, J. (2017).
- IoT Considerations, Requirements, and Architectures for Smart Buildings-Energy Optimization and Next-Generation Building Management Systems, de Minoli, D., Sohrawy, K. e Occhiogrosso, B. (2017).
- A distributed architecture for real-time evacuation guidance in large smart buildings, de Lujak, M., Billhardt, H., Dunkel, J., Hermoso, R. e Ossowski, S. (2017).
- A microservice architecture for the Intranet of Things and energy in smart buildings, de Bao, K., Mauser, I., Kochannek, S., Xu, H. e Schmeck, H. (2017).

##### **8.4.5.3. Seleção dos 6 artigos com maior grau de relevância (aproximadamente 5% dos artigos encontrados na pesquisa)**

- A system architecture for autonomous demand side load management in smart buildings, de Costanzo, G.T., Zhu, G., Anjos, M.F. e Savard, G. (2012).

- Towards a zero-configuration wireless sensor network architecture for smart buildings, de Schor, L., Sommer, P. e Wattenhofer, R. (2009).
- Control and learning of ambience by an intelligent building, de Rutishauser, U., Joller, J. e Douglas, R. (2005).
- A hierarchical fuzzy-genetic multi-agent architecture for intelligent buildings online learning, adaptation and control, de Hagraas, H., Callaghan, V., Colley, M. e Clarke, G. (2003).
- Review of intelligent building construction: A passive solar architecture approach, de Ralegaonkar, R.V. e Gupta, R. (2010).
- Multi-agent architecture for intelligent building sensing and control, de Sharples, S., Callaghan, V. e Clarke, G. (1999).

Com o resultado das pesquisas, o Quadro 1 apresenta a lista dos artigos selecionados para a composição do núcleo de partida. O quadro é resultado da união dos resultados das três pesquisas realizadas.

**Quadro 1:** Artigos que compõem o núcleo de partida

<p>Agarwal, Y., Balaji, B., Gupta, R., Lyles, J., Wei, M., &amp; Weng, T. (2010). Occupancy-driven Energy Management for Smart Building Automation. In <i>Proceedings of the 2Nd ACM Workshop on Embedded Sensing Systems for Energy-Efficiency in Building</i> (pp. 1–6). New York, NY, USA: ACM. <a href="https://doi.org/10.1145/1878431.1878433">https://doi.org/10.1145/1878431.1878433</a></p> <p>ALwaer, H., &amp; Clements-Croome, D. J. (2010). Key performance indicators (KPIs) and priority setting in using the multi-attribute approach for assessing sustainable intelligent buildings. <i>Building and Environment</i>, 45(4), 799–807. <a href="https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.08.019">https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.08.019</a></p> <p>Arnone, D., Croce, V., Paternó, G., Rossi, A., Emma, S., Miceli, R., &amp; Tommaso, A. O. D. (2016). Energy management of multi-carrier smart buildings for integrating local renewable energy systems. In <i>2016 IEEE International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)</i> (pp. 845–850). <a href="https://doi.org/10.1109/ICRERA.2016.7884455">https://doi.org/10.1109/ICRERA.2016.7884455</a></p> <p>Bairi, A., Roseiro, L., Martin Garin, A., Adeyeye, K., Millan, J. A., &amp; web-support@bath.ac.uk. (2017). Thermal state of electronic assemblies applied to smart building equipped with QFN64 device subjected to natural convection. <i>Microelectronics Reliability</i>. Retrieved from <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.microrel.2017.01.002">http://dx.doi.org/10.1016/j.microrel.2017.01.002</a></p> <p>Bao, K., Mauser, I., Kochanneck, S., Xu, H., &amp; Schmeck, H. (2016). A Microservice Architecture for the Intranet of Things and Energy in Smart Buildings. <i>Proceedings of the Article17th Annual Middleware Conference (ACM/IFIP/USENIX Middleware) - First International Workshop on Mashups of Things and APIs (MOTA) - Trento, Italy, December 12-16, 2016</i>. <a href="https://doi.org/10.1145/3007203.3007215">https://doi.org/10.1145/3007203.3007215</a></p> <p>Bashir, M. R., &amp; Gill, A. Q. (2016). Towards an IoT Big Data Analytics Framework: Smart Buildings Systems. In <i>2016 IEEE 18th International Conference on High Performance Computing and Communications; IEEE 14th International Conference on Smart City; IEEE 2nd International Conference on Data Science and Systems (HPCC/SmartCity/DSS)</i> (pp. 1325–1332). <a href="https://doi.org/10.1109/HPCC-SmartCity-DSS.2016.0188">https://doi.org/10.1109/HPCC-SmartCity-DSS.2016.0188</a></p> <p>Braun, J. E. (2007). Intelligent Building Systems - Past, Present, and Future. In <i>2007 American Control Conference</i> (pp. 4374–4381). <a href="https://doi.org/10.1109/ACC.2007.4282463">https://doi.org/10.1109/ACC.2007.4282463</a></p> <p>Chen, Z., Clements-Croome, D., Hong, J., Li, H., &amp; Xu, Q. (2006). A multicriteria lifespan energy efficiency approach to intelligent building assessment. <i>Energy and Buildings</i>, 38(5), 393–409.</p>
--

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2005.08.001>

- Costanzo, G. T., Zhu, G., Anjos, M. F., & Savard, G. (2012). A System Architecture for Autonomous Demand Side Load Management in Smart Buildings. *I E E E Transactions on Smart Grid*, 3(4), 2157–2165. <https://doi.org/10.1109/TSG.2012.2217358>
- Cui, T., Carr, J., Brissette, A., & Ragaini, E. (2017). Connecting the Last Mile: Demand Response in Smart Buildings. *Energy Procedia, Complete*(111), 720–729. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.234>
- Di Piazza, M. C., La Tona, G., Luna, M., & Di Piazza, A. (2017). A two-stage Energy Management System for smart buildings reducing the impact of demand uncertainty. *Energy and Buildings*, 139, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.01.003>
- Doukas, H., Patlitzianas, K. D., Iatropoulos, K., & Psarras, J. (2007). Intelligent building energy management system using rule sets. *Building and Environment*, 42(10), 3562–3569. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.10.024>
- Figueiredo, J., & Sá da Costa, J. (2012). A SCADA system for energy management in intelligent buildings. *Energy and Buildings*, 49, 85–98. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.01.041>
- Hagras, H., Callaghan, V., Colley, M., & Clarke, G. (2003). A Hierarchical Fuzzy-genetic Multi-agent Architecture for Intelligent Buildings Online Learning, Adaptation and Control. *Inf. Sci. Inf. Comput. Sci.*, 150(1–2), 33–57. [https://doi.org/10.1016/S0020-0255\(02\)00368-7](https://doi.org/10.1016/S0020-0255(02)00368-7)
- Hartkopf, V., Loftness, V., Mahdavi, A., Lee, S., & Shankavaram, J. (1997). An integrated approach to design and engineering of intelligent buildings—The Intelligent Workplace at Carnegie Mellon University. *Automation in Construction*, 6(5), 401–415. [https://doi.org/10.1016/S0926-5805\(97\)00019-8](https://doi.org/10.1016/S0926-5805(97)00019-8)
- Huang, H., Cai, Y., Xu, H., & Yu, H. (2017). A Multiagent Minority-Game-Based Demand-Response Management of Smart Buildings Toward Peak Load Reduction. *IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems*, 36(4), 573–585. <https://doi.org/10.1109/TCAD.2016.2571847>
- Ishibashi, M., Ishikawa, K., Hira, T., & Ito, M. (1993). Internetworked PBX-computer systems for intelligent building applications. *IEEE Communications Magazine*, 31(10), 50–51. <https://doi.org/10.1109/35.237983>
- Jabłoński, I. (2017). Integrated living environment: Measurements in modern energy efficient smart building with implemented the functionality of telemedicine. *Measurement*, 101, 211–235. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2015.11.006>
- Kleissl, J., & Agarwal, Y. (2010). Cyber-physical Energy Systems: Focus on Smart Buildings. In *Proceedings of the 47th Design Automation Conference* (pp. 749–754). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/1837274.1837464>
- Kujuro, A., & Yasuda, H. (1993). Systems evolution in intelligent buildings. *IEEE Communications Magazine*, 31(10), 22–26. <https://doi.org/10.1109/35.237978>
- Kumar, N., Vasilakos, A. V., & Rodrigues, J. J. P. C. (2017). A Multi-Tenant Cloud-Based DC Nano Grid for Self-Sustained Smart Buildings in Smart Cities. *IEEE Communications Magazine*, 55(3), 14–21. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.1600228CM>
- Le, M.-H., & Ploix, S. (2017). Robust anticipative energy management system: Application of a smart building platform. *Building Services Engineering Research and Technology*, 38(2), 226–248. <https://doi.org/10.1177/0143624416669832>
- Lujak, M., Ossowski, S., Fernández, A., Hermoso, R., Dunkel, J., & Billhardt, H. (2017). A distributed architecture for real-time evacuation guidance in large smart buildings. In *COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION SYSTEMS*. <https://doi.org/10.2298/CSIS161014002L>
- Minoli, D., Sohraby, K., & Occhiogrosso, B. (2017). IoT Considerations, Requirements, and Architectures for Smart Buildings #x2014;Energy Optimization and Next-Generation Building Management Systems. *IEEE Internet of Things Journal*, 4(1), 269–283. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2017.2647881>
- Nguyen, T. A., & Aiello, M. (2013). Energy intelligent buildings based on user activity: A survey. *Energy and Buildings*, 56, 244–257. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.09.005>
- Ock, J., Issa, R. R. A., & Flood, I. (2016). Smart Building Energy Management Systems (BEMS) simulation conceptual framework. In *2016 Winter Simulation Conference (WSC)* (pp. 3237–3245). <https://doi.org/10.1109/WSC.2016.7822355>
- Papantoniou, S., Mangili, S., & Mangialenti, I. (2017). Using Intelligent Building Energy Management System for the Integration of Several Systems to one Overall Monitoring and Management System. *Energy Procedia*, 111, 639–647. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.226>

- Putri, G. A. A., Nugroho, L. E., & Widyawan. (2016). Context modeling for intelligent building energy aware. In *2016 International Conference on Smart Green Technology in Electrical and Information Systems (ICSGTEIS)* (pp. 161–166). <https://doi.org/10.1109/ICSGTEIS.2016.7885784>
- Ralegaonkar, R. V., & Gupta, R. (2010). Review of intelligent building construction: A passive solar architecture approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *14*(8), 2238–2242. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.04.016>
- Rutishauser, U., Joller, J., & Douglas, R. (2005). Control and learning of ambience by an intelligent building. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans*, *35*(1), 121–132. <https://doi.org/10.1109/TSMCA.2004.838459>
- Schor, L., Sommer, P., & Wattenhofer, R. (2009). Towards a Zero-configuration Wireless Sensor Network Architecture for Smart Buildings. In *Proceedings of the First ACM Workshop on Embedded Sensing Systems for Energy-Efficiency in Buildings* (pp. 31–36). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/1810279.1810287>
- Sharples, S., Callaghan, V., & Clarke, G. (1999). A multi-agent architecture for intelligent building sensing and control. *Sensor Review*, *19*(2), 135–140. <https://doi.org/10.1108/02602289910266278>
- Snoonian, D. (2003). Smart buildings. *IEEE Spectrum*, *40*(8), 18–23. <https://doi.org/10.1109/MSPEC.2003.1222043>
- Subagdja, B., & Tan, A. H. (2016). Interactive Teachable Cognitive Agents: Smart Building Blocks for Multiagent Systems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, *46*(12), 1724–1735. <https://doi.org/10.1109/TSMC.2016.2531656>
- Wan, L., Xu, R., Liu, L., Yang, C., & Ke, J. (2017). Study of intelligent building system based on the internet of things. *AIP Conference Proceedings*, *1820*(1), 90027. <https://doi.org/10.1063/1.4977411>
- Wang, S., Xu, Z., Cao, J., & Zhang, J. (2007). A middleware for web service-enabled integration and interoperation of intelligent building systems. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2006.03.004>
- Wang, Z., Wang, L., Dounis, A. I., & Yang, R. (2012). Multi-agent control system with information fusion based comfort model for smart buildings. *Applied Energy*, *99*, 247–254. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.05.020>
- Wong, J. K. W., & Li, H. (2008). Application of the analytic hierarchy process (AHP) in multi-criteria analysis of the selection of intelligent building systems. *Building and Environment*, *43*(1), 108–125. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.11.019>
- Wong, J. K. W., Li, H., & Wang, S. W. (2005). Intelligent building research: a review. *Automation in Construction*, *14*(1), 143–159. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2004.06.001>
- Wong, J., & Li, H. (2006). Development of a conceptual model for the selection of intelligent building systems. *Building and Environment*, *41*(8), 1106–1123. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.04.021>
- Wong, J., Li, H., & Lai, J. (2008). Evaluating the system intelligence of the intelligent building systems: Part 1: Development of key intelligent indicators and conceptual analytical framework. *Automation in Construction*, *17*(3), 284–302. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2007.06.002>
- Xue, N., Huang, X., & Zhang, J. (2016). S2Net: A Security Framework for Software Defined Intelligent Building Networks. In *2016 IEEE Trustcom/BigDataSE/ISPA* (pp. 654–661). <https://doi.org/10.1109/TrustCom.2016.0122>
- Yeh, L.-W., Wang, Y.-C., & Tseng, Y.-C. (2009). iPower: an energy conservation system for intelligent buildings by wireless sensor networks. *International Journal of Sensor Networks*, *5*(1), 1–10. <https://doi.org/10.1504/IJSNet.2009.023311>
- Zhang, D., Shah, N., & Papageorgiou, L. G. (2013). Efficient energy consumption and operation management in a smart building with microgrid. *Energy Conversion and Management*, *74*, 209–222. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.04.038>