



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE INFORMÁTICA
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

Etevaldo Vinícius Sanguinete Silva Mélo

**SISTEMA PARA REALOCAÇÃO INTELIGENTE DE USUÁRIOS DOS
LABORATÓRIOS DO CENTRO DE INFORMÁTICA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE PERNAMBUCO**

RECIFE

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE INFORMÁTICA
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

Etevaldo Vinícius Sanguinete Silva Mélo

SISTEMA PARA REALOCAÇÃO INTELIGENTE DE USUÁRIOS DOS LABORATÓRIOS DO
CENTRO DE INFORMÁTICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

Trabalho apresentado ao Centro de Informática (CIn) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), como requisito parcial para conclusão do Curso de Engenharia da Computação, orientada pelo professor Abel Guilhermino da Silva Filho.

RECIFE

2017

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de demonstrar minha gratidão à Deus por me dar forças e permitir a conclusão desta difícil graduação em Engenharia da Computação. Gostaria de agradecer aos meus pais, irmãos, e demais familiares por todo o apoio que me deram durante essa difícil jornada. Gostaria de agradecer ao Professor Abel Guilhermino pela longa parceria durante este curso de graduação, são 4 anos com diversas atividades como aluno, monitor, aluno de iniciação científica, estágio e finalmente o TCC, à Allan Rivalles o meu agradecimento por toda ajuda no desenvolvimento deste trabalho. Gostaria de agradecer também a todos os meus amigos que fiz fora e dentro do curso de graduação, meus amigos de turma, em especial a Allano, Allysson, Artur, Beça, Gabi, Jilmar, Maria, Marina, Pinheiro, Silvio, Stefano, minha namorada Alyne que me apoiou e incentivou a me dedicar e ser cada dia melhor. A todos vocês, gratidão!

“O dinheiro faz homens ricos, o conhecimento
faz homens sábios e a humildade faz grandes
homens. ”

Mahatma Gandhi

RESUMO

Atualmente cresce a preocupação acerca do consumo consciente de recursos energéticos, tais recursos, que em grande parte vem de fontes não renováveis, estão cada vez mais escassos [1]. O uso desnecessário de equipamentos eletrônicos contribui significativamente para aumentar o consumo de energia, algumas más práticas de uso, como deixar equipamentos (computadores, condicionadores de ar, lâmpadas) ligados mesmo quando não estão sendo utilizados, costuma ser comum em grandes centros como universidades, empresas de TI, etc. Este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema que otimize o uso de equipamentos presentes nos laboratórios através do monitoramento, ativação e desativação desses equipamentos e da realocação dos usuários dos laboratórios do Centro de informática (CIn), de forma que a quantidade mínima de laboratórios, e assim de equipamentos, seja utilizada.

Palavras-chave: Ambientes inteligentes, monitoramento de cargas, otimização energética.

ABSTRACT

Concern about the conscious consumption of energy resources is growing, these resources, which come largely from nonrenewable sources, are increasingly scarce [1]. The unnecessary use of electronic equipment contributes significantly to increase energy consumption, some bad use practices, such as leaving equipment (computers, air conditioners, lamps) connected even when not being used, is usually common in large centers such as universities, IT companies, etc. This work proposes the development of a system that optimizes the use of equipment present in the laboratories through the monitoring, activation and deactivation of these equipments and the reallocation of the users of the laboratories of the Centro de Informática (CIn), and thus of equipments, be used.

Keywords: Intelligent environments, load monitoring, energy optimization.

Sumário

1.	Introdução	12
1.1.	Objetivo Geral	13
1.2.	Objetivo Específico	13
2.	Conceitos Básicos	14
2.1.	REST	14
2.2.	JSON	14
3.	Trabalhos Relacionados	15
3.1.	Sistema Sem Fio de Monitoramento de Consumo e Qualidade de Energia [3]	15
3.2.	Gerenciamento do Consumo de Energia Elétrica Residencial através de uma Ferramenta de Comunicação Sem Fio [4]	15
3.3.	A Model of Domestic Energy Management Enabling Low-cost Technology [5]	16
3.4.	Sistema de Monitoração e Gerenciamento do Consumo Elétrico Residencial Utilizando a Malha Elétrica para Comunicação [6]	17
4.	Desenvolvimento do Sistema	18
4.1.	Requisitos do sistema	18
4.2.	Arquitetura do sistema	20
4.2.1.	Visão Geral	20
4.2.2.	Arquitetura de hardware	21
4.2.3.	Arquitetura de software	26
4.3.	Funcionalidades	33
4.3.1.	Cadastro de instituições	34
4.3.2.	Cadastro de laboratórios	34
4.3.3.	Obtenção das informações dos laboratórios	35
4.3.4.	Realocação dos usuários dos laboratórios	37
4.3.5.	Ativar/Desativar cargas dos laboratórios	39
4.3.6.	Notificação dos usuários	39
4.3.7.	Gráficos relativos às informações do laboratório	39
5.	Experimentos e Análise	40
5.1.	Cadastro da instituição	40
5.2.	Cadastro de laboratórios	41
5.3.	Informações de corrente e temperatura	41
5.4.	Informação de número de usuários	42
5.5.	Realocação dos usuários dos laboratórios	42

5.6	Ativar/Desativar cargas dos laboratórios	42
5.7	Gráficos relativos às informações dos laboratórios.....	43
5.8	Comparação com outros trabalhos	44
6	Conclusões e Trabalhos Futuros	46
6.1	Contribuições	46
6.2	Trabalhos Futuros.....	46
7	Referências bibliográficas	47
8	Anexos.....	49

Lista de Figuras

Figura 1 - Planta dos laboratórios de graduação do CIN - UFPE	12
Figura 2 - Figura retirada de AM Braga et. al. [4]	15
Figura 3 - figura retirada de AM Braga et. al. [4]	16
Figura 4 - Figura retirada de Nguyen et. al. [5].....	16
Figura 5 - Figura retirada de D.R de Brito [6].....	17
Figura 6 - Visão geral do sistema, (a) rede de sensores/atuadores, (b) servidor e (c), os clientes/usuários.	20
Figura 7 - Módulo sensor/atuador (MSA).....	21
Figura 8 - Esquemático do circuito do MSA.....	24
Figura 9 - Módulo gateway.....	24
Figura 10 - Esquemático do circuito do gateway.....	26
Figura 11 - Arquitetura em camadas, visão da arquitetura FACADE.....	26
Figura 12 - Diagrama UML, classes básicas do sistema, (a) Institution, (b), Lab e (c) User.....	28
Figura 13 - Página de detalhes da instituição.....	29
Figura 14 - Esquema UML do banco de dados do sistema	30
Figura 15 - Modelagem da tabela Institution	31
Figura 16 - Modelagem da tabela Lab	31
Figura 17 - Modelagem da tabela LabsTempSeries	32
Figura 18 - Exemplo de um Json referente à série temporal de um laboratório.....	33
Figura 19 - Exemplo de um Json referente a uma instituição.....	33
Figura 20 - Diagrama de sequência relativo ao cadastro da instituição e seus laboratórios.....	35
Figura 21 - Diagrama de sequência das séries temporais de corrente e temperatura.....	35
Figura 22 - Exemplo de arquivo de texto contendo informações dos usuários ativos nos laboratórios.....	36
Figura 23 - Fluxograma do serviço de realocação de usuários	37
Figura 24 - Diagrama de sequência da funcionalidade de ativar ou desativar cargas nos laboratórios.....	39
Figura 25 - Informações cadastradas utilizadas nos testes do sistema.....	40
Figura 26 - Resultado do cadastro da instituição	40
Figura 27 - Cadastro de laboratório de uma instituição	41
Figura 28 - Resultado sendo mostrado ao usuário ao clicar no botão “Run”.....	42
Figura 29 - Gráfico de temperatura.....	43
Figura 30- Gráfico de corrente.....	43
Figura 31 - Gráfico do número de usuários.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela de requisitos funcionais do sistema.....	18
Tabela 2 - Especificação do microprocessador ATMEGA328	22
Tabela 3 - Especificação do Chip Transceiver NRF24L01 [11]	22
Tabela 4 - Especificação do sensor de corrente SCT-013 [8]	23
Tabela 5 - Especificação do Raspberry Pi zero.....	25
Tabela 6 - Especificação do adaptador WiFi para Raspberry Pi.....	25
Tabela 7 - Funcionalidades do sistema.....	33
Tabela 8 - Cenário inicial do algoritmo de realocação.....	38
Tabela 9 - Primeiro laboratório realocado.....	38
Tabela 10 - Resultado final do algoritmo de realocação.	38
Tabela 11 - Comparação das funcionalidades disponíveis em cada sistema.....	44

TABELA DE SIGLAS

Sigla	Significado	Página
REST	Representational state transfer	15
MSA	Módulo sensor/atuador	19
<i>JSON</i>	<i>JavaScript object Notation</i>	30

1. Introdução

Devido a crescente preocupação acerca do consumo consciente de energia, se faz necessário o desenvolvimento de técnicas e sistemas que otimizem a utilização de energia, principalmente porque as principais fontes de energia são não renováveis [1]. Técnicas de otimização e de inteligência artificial vem sendo utilizadas com esse propósito [2]. A utilização dessas técnicas juntamente com sistemas de controle e monitoramento de ambientes, assim como é feito em projetos de casas inteligentes, nos traz, além da redução do consumo de energia um maior conforto e novas experiências para os usuários.

Para que seja possível entender como está sendo o consumo de energia em um ambiente, se faz necessário obter informações acerca do ambiente e dos equipamentos eletrônicos que estão presentes nele. O Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco (CIn) possui uma grande infraestrutura. Há uma grande quantidade de computadores distribuídos entre seus vários laboratórios, além de outros equipamentos eletroeletrônicos, como condicionadores de ar, lâmpadas, etc. Atualmente, a maioria desses equipamentos permanecem ligados mesmo quando não há usuários os utilizando, principalmente nos fins de semana, onde o número de usuários cai drasticamente (em relação aos dias da semana) e mesmo assim os laboratórios e equipamentos presentes neles permanecem desnecessariamente ativos. Ter disponível um sistema que monitore e atue nos laboratórios, é de crucial importância para que o CIn passe a consumir menos energia e assim contribua para a diminuição de utilização de recursos.



Figura 1 - Planta dos laboratórios de graduação do CIn - UFPE

Na Figura 1 temos uma planta da área onde estão localizados os laboratórios de graduação do CIn. Somente nesses 5 laboratórios, existem mais de 200 computadores, e 10 condicionadores de ar. Tais equipamentos, costumam permanecer ligados na maior parte do dia, 7 dias por semana.

1.1. Objetivo Geral

O objetivo geral do projeto, que se chama Smart CIn, no qual este trabalho está contido, é criar um sistema de monitoramento e controle remoto dos equipamentos dos laboratórios do Centro de Informática. A partir das informações obtidas, busca-se utilizar técnicas de otimização e inteligência artificial para otimizar a utilização desses equipamentos, poupando energia sem trazer quaisquer prejuízos para a experiência de uso desses laboratórios.

1.2. Objetivo Específico

O objetivo específico deste trabalho é criar um sistema de realocação de usuários e monitoramento de cargas dos laboratórios do Centro de Informática (CIn) da Universidade Federal de Pernambuco. Tal sistema deverá minimizar tão quanto possível o número de laboratórios operando, consequentemente reduzindo o número de equipamentos em funcionamento, sem prejuízo aos usuários no que diz respeito à disponibilidade desses equipamentos. O sistema deverá notificar o gerente do sistema (suporte do CIn) sempre que o serviço de realocação de usuários for executado. Além disso, o sistema deverá obter informações de temperatura do laboratório e de corrente e potência consumida pelos condicionadores de ar presentes nos laboratórios e também possibilitar a ativação e desativação remota desses equipamentos. O sistema também deverá persistir em um servidor as informações obtidas, afim de criar um repositório e assim possibilitar a utilização de técnicas inteligentes mais avançadas, como previsão de séries temporais.

Para que seja possível o desenvolvimento desse sistema, foi necessário a utilização de uma infraestrutura que conte com sistemas embarcados, que buscam monitorar e controlar esses equipamentos, uma interface de rede, para que os dados sejam enviados a um servidor, o próprio servidor, que será responsável por armazenar e processar os dados trafegados no sistema e um website, que será utilizado pelo gerente do sistema para controlá-lo.

2. Conceitos Básicos

Nesse capítulo serão introduzidos alguns conceitos básicos, necessários para o entendimento do desenvolvimento desse sistema.

2.1. REST

REST (Representational state transfer) é um conjunto de princípios arquiteturais que busca padronizar a interface de comunicação de um sistema, logo, com a correta utilização do REST, seu sistema torna-se capaz de interagir com outros sistemas totalmente distintos sem maiores dificuldades. Sistemas esses que podem possivelmente ser implementados em outras linguagens de programação, utilizando outras arquiteturas, etc.

Comumente, um serviço REST utiliza protocolo HTTP para transferência de dados, e assim permitir comunicação entre sistemas ou entre partes distintas de um mesmo sistema. HTTP (Hypertext transfer protocol) é o principal protocolo de comunicação utilizado em sistemas web atualmente. Os dados trafegados utilizando um serviço REST via HTTP costumam ser encapsulados no formato JSON, que será detalhado na próxima sessão.

2.2. JSON

JSON (Java script object notation), é um formato utilizado em troca de dados, utilizado principalmente em sistemas web, via REST API. Atualmente, amplamente utilizado na maioria das aplicações web, tem como principal benefício a pequena utilização de recursos de rede para sua transferência. Devido à sua notação simples, arquivos em formato JSON são de fácil leitura (para humanos) e fácil interpretação e geração (para máquinas). As principais linguagens de programação (JAVA, PYTHON, C#, C++, R, etc.) tem suporte para lidar facilmente com arquivos JSON, o que o torna um formato com imenso suporte, e que dificilmente cairá em desuso tão cedo, aumentando ainda mais a sua utilização pelos desenvolvedores.

3. Trabalhos Relacionados

Este capítulo apresenta o estado da arte em relação aos sistemas de monitoramento de cargas existentes na literatura. Cada um desses sistemas serve como base para listar as possíveis funcionalidades básicas necessárias para este trabalho. Por fim, na sessão 5.8 há uma comparação entre as funcionalidades de cada um dos trabalhos relacionados com a solução proposta neste trabalho.

3.1. Sistema Sem Fio de Monitoramento de Consumo e Qualidade de Energia [3]

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema para medição de informações de consumidores residenciais. Faz uso de comunicação via protocolo ZigBee para a criação de uma rede de sensores sem fio e utiliza o CI CS5490 para medição de energia. As informações obtidas pelo sistema são a corrente e potência dos equipamentos monitorados, além da temperatura no ambiente.

3.2. Gerenciamento do Consumo de Energia Elétrica Residencial através de uma Ferramenta de Comunicação Sem Fio [4]

Este trabalho propõe um sistema de monitoramento que utiliza as tecnologias de comunicação sem fio presentes em dispositivos móveis como smartphones para estabelecer conexão com medidores digitais. Um aplicativo obtém os dados de um medidor digital e os envia para o servidor que gera gráficos do consumo de energia. Os dados obtidos são relativos à potência consumida pelos equipamentos monitorados. A seguir, temos a tela principal do aplicativo gerado, Figura 2, e um exemplo de gráfico gerado pelo servidor deste trabalho na Figura 3.



Figura 2 - Figura retirada de AM Braga et. al. [4]

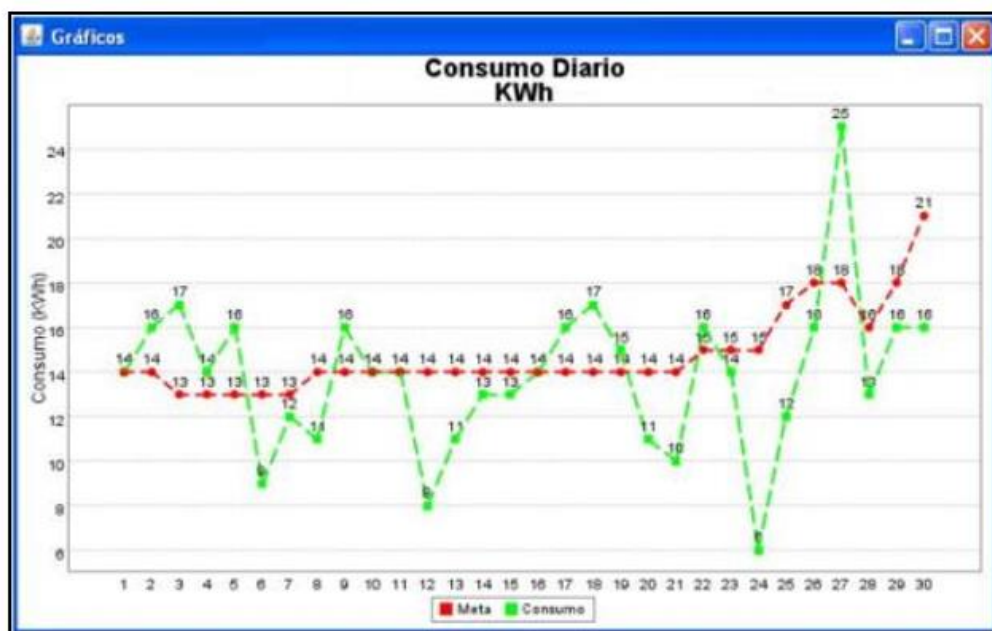


Figura 3 - figura retirada de AM Braga et. al. [4]

Na Figura 3, temos um gráfico do consumo diário em KWh, a curva vermelha mostra a meta de consumo e a curva verde mostra o consumo real.

3.3. A Model of Domestic Energy Management Enabling Low-cost Technology [5]

Este trabalho tem como foco desenvolver um sistema de controle utilizando tecnologias de baixo custo, capaz de controlar e monitorar cargas, obtendo informações de corrente, potência além de possibilitar a ativação e desativação de cargas.

O sistema conta com um nó central (mestre) e vários nós periféricos (escravos) e tem como foco o gerenciamento do tráfego de informações dentro dessa rede, que pode ser vista na Figura 4:

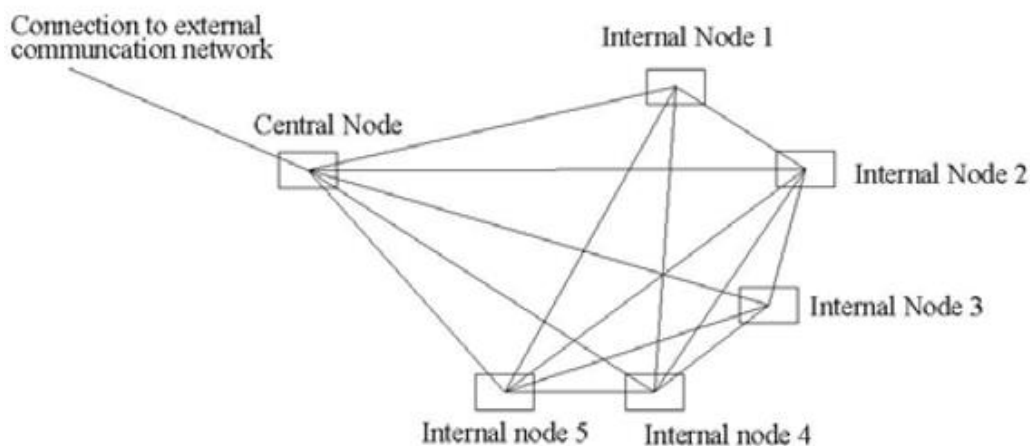


Figura 4 - Figura retirada de Nguyen et. al. [5]

O nó central é o único nó a ter acesso à rede (Internet), os demais nós da rede, além de desempenhar o monitoramento, ativação e desativação de cargas, também funciona como nó de repasse, para que assim a rede tenha um maior alcance.

3.4. Sistema de Monitoração e Gerenciamento do Consumo Elétrico Residencial Utilizando a Malha Elétrica para Comunicação [6]

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema para monitoração e gerenciamento do consumo de energia elétrica de consumidores residenciais. Tal monitoramento é feito utilizando um módulo de medição que se comunica com outro módulo (com interface de rede) através de comunicação PLC (Power Line Communication). As informações obtidas neste trabalho são informações de potência, como podemos ver a seguir:

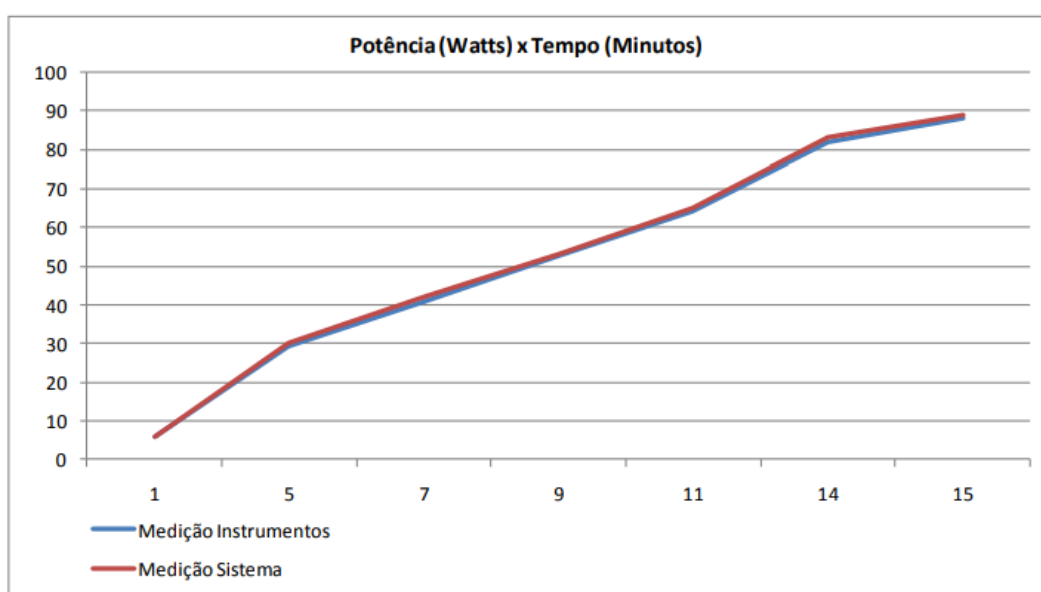


Figura 5 - Figura retirada de D.R de Brito [6]

Na Figura 5, temos um gráfico da potência no tempo, que compara a medição feita pelo o sistema, curva vermelha, e a medição utilizando instrumentos específicos para estas medições, curva azul.

4 Desenvolvimento do Sistema

Este capítulo apresenta todo o design do sistema, sua arquitetura, interfaces, requisitos, casos de uso, e suas funcionalidades. Nele são explicadas em detalhes todas as etapas de desenvolvimento do sistema que visa realocar os usuários dos laboratórios do CIn, além monitorar e controlar os equipamentos utilizados nesses laboratórios.

4.1 Requisitos do sistema

Nessa sessão serão especificados os requisitos do sistema. Como trata-se de um sistema que será utilizado na prática, o principal requisito não funcional do sistema é a manutenibilidade, visando facilitar possíveis adaptações do sistema no futuro. Na Tabela 1 temos mapeados todos os requisitos relativos aos usuários do sistema, e para cada um desses requisitos, quais são os requisitos gerados no sistema.

Tabela 1 - Tabela de requisitos funcionais do sistema.

Id do requisito	Descrição do requisito	Requisito do sistema
1	O gerente do sistema deve ser capaz de se cadastrar no website a partir de uma conta do google.	O sistema deve ser capaz de autenticar o gerente do sistema utilizando a autenticação do google.
2	O gerente do sistema deve ser capaz de apagar seu cadastro no website.	O sistema deve ser capaz de autenticar o gerente do sistema utilizando a autenticação do google.
3	O gerente do sistema deve ser capaz de preencher e salvar as informações da instituição através do website.	O sistema deve ser capaz de armazenar os dados cadastrados no website em um banco de dados.
4	O gerente do sistema deve ser capaz de editar e salvar as informações da instituição através do website.	O sistema deve ser capaz de atualizar as informações de uma instituição presentes em um banco de dados.
5	O gerente do sistema deve ser capaz de visualizar as informações da instituição através do website.	O sistema deve ser capaz de fornecer as informações de uma instituição presentes em um banco de dados.
6	O gerente do sistema deve ser capaz de deletar a instituição através do website.	O sistema deve ser capaz de deletar as informações de uma instituição presentes em um banco de dados.
7	O gerente do sistema deve ser capaz de criar, preencher e salvar as informações dos laboratórios através do website.	O sistema deve ser capaz de armazenar as informações de um laboratório em um banco de dados.

8	O gerente do sistema deve ser capaz de deletar o laboratório através do website.	O sistema deve ser capaz de deletar as informações de um laboratório presentes em um banco de dados.
9	O gerente do sistema deve ser capaz de executar a realocação através do website.	O sistema deve ser capaz de executar o serviço de realocação de usuários e retornar o resultado da realocação.
10	O gerente do sistema deve receber um resultado visual, informando o resultado da realocação.	O sistema deve ser capaz de executar o serviço de realocação de usuários e retornar o resultado da realocação.
11	O gerente do sistema deve receber um e-mail, informando o resultado da realocação.	O sistema deve ser capaz de enviar um e-mail para o gerente do sistema do sistema.
12	O gerente do sistema deve ser capaz de ligar as cargas de cada laboratório através do website.	O sistema deve ser capaz de ligar e desligar as cargas remotamente, através da rede de sensores/atuadores.
13	O gerente do sistema deve ser capaz de desligar as cargas de cada laboratório através do website.	O sistema deve ser capaz de ligar e desligar as cargas remotamente, através da rede de sensores/atuadores.
14	O gerente do sistema deve ser capaz de visualizar o gráfico de histórico da corrente consumida em um determinado laboratório através do website.	O sistema deve ser capaz de coletar informações dos laboratórios em um banco de dados.
15	O gerente do sistema deve ser capaz de visualizar o gráfico de histórico da temperatura em um determinado laboratório através do website.	O sistema deve ser capaz de coletar informações dos laboratórios em um banco de dados.
16	O gerente do sistema deve ser capaz de visualizar o gráfico de histórico da quantidade de usuários em um determinado laboratório através do website.	O sistema deve ser capaz de coletar informações dos laboratórios em um banco de dados.
17	O gerente do sistema deve ser capaz de definir horários para que a realocação seja feita automaticamente.	O sistema deve ser capaz de rodar automaticamente o serviço de realocação de usuários de acordo com os horários pré-definidos pelo gerente do sistema.
18	O gerente do sistema deve ser capaz de setar prioridades para cada laboratório, tal prioridade deve ser levada em conta pelo algoritmo de realocação	O serviço de realocação de usuários dos laboratórios deve levar em conta a prioridade de permanecer ligado dos laboratórios.
19	N/A	O sistema deve ser capaz de obter os usuários que estão ativos no laboratório.

20	N/A	O sistema deve ser capaz de obter a informação se o laboratório está reservado.
----	-----	---

Cada um desses requisitos de usuário gera um caso de uso, cada um desses casos de uso serão descritos no capítulo 5, juntamente com a descrição da funcionalidade a qual estão relacionados.

4.2 Arquitetura do sistema

Esta sessão define toda a arquitetura do sistema, do ponto de vista de hardware, software, banco de dados e iterações entre os componentes do sistema.

4.2.1 Visão Geral

Na Figura 6, temos uma visão geral do sistema, nela, temos 3 partes fundamentais; a rede de sensores Figura 6(a), responsável pelo monitoramento, ativação e desativação de cargas; o servidor Figura 6(b), responsável por interfacear as partes do sistema, pelo armazenamento e processamento dos dados, e por prover alguns serviços automatizados, que serão explicados com mais detalhes nos próximos capítulos; e, os clientes/usuários Figura 6(c), responsáveis pelo cadastro de informações, e por enviar comandos básicos para a rede de sensores.

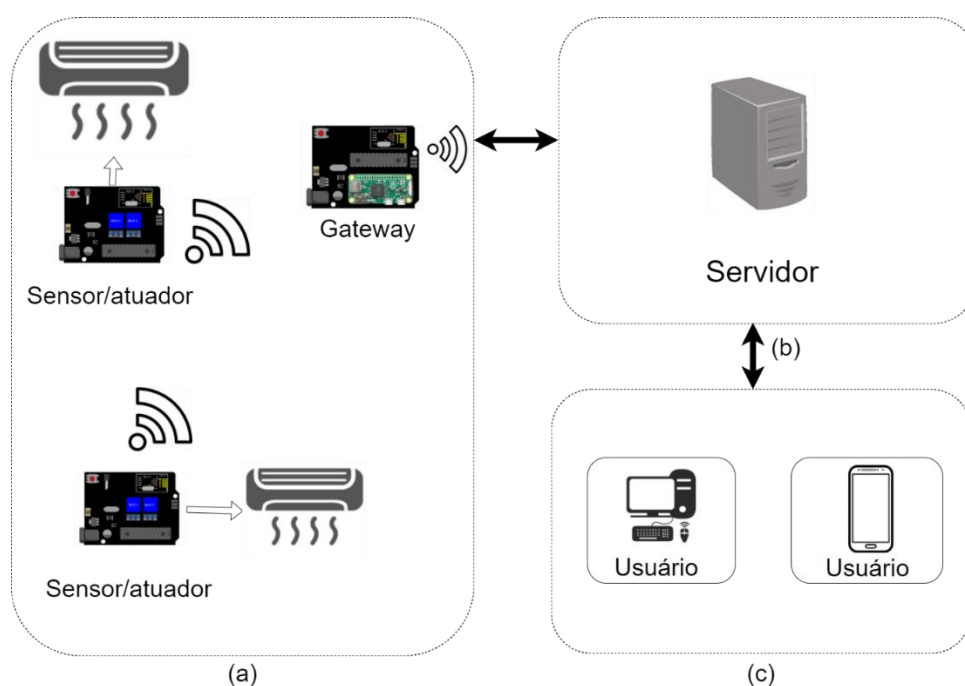


Figura 6 - Visão geral do sistema, (a) rede de sensores/atuadores, (b) servidor e (c), os clientes/usuários.

Na Figura 6(a), temos as cargas sendo representadas por condicionadores de ar. Junto a cada um deles, temos o módulo sensor/atuador (MSA), tais módulos são responsáveis pelo monitoramento das cargas e pela ativação e desativação das cargas. Nessa mesma figura temos o módulo gateway, ou simplesmente gateway, responsável por controlar a rede de sensores, e, por ser o único módulo com interface para o servidor, via WiFi. O gateway é o responsável por receber os dados dos MSA's, e enviar esses dados ao servidor. Na próxima sessão será apresentado cada um desses módulos com mais detalhes.

4.2.2 Arquitetura de hardware

Nesta sessão, veremos em detalhes cada um dos dois módulos da rede de sensores, o módulo sensor/atuador (MSA) e o módulo gateway.

4.2.2.1 Módulo sensor/atuador (MSA)

Na Figura 7, temos uma visão mais alto nível dos componentes do MSA, tal módulo conta com um micro controlador ATMEGA 328, responsável pelo controle do módulo, um chip transceiver NRF24L01, responsável pela comunicação via rádio deste módulo na rede de sensores, dois relés, responsáveis pela ativação e desativação de cargas, e um conjunto de sensores, um sensor de temperatura (LM35) e um sensor de corrente não invasivo SCT-013. Em seguida, temos a especificação de cada um desses componentes:

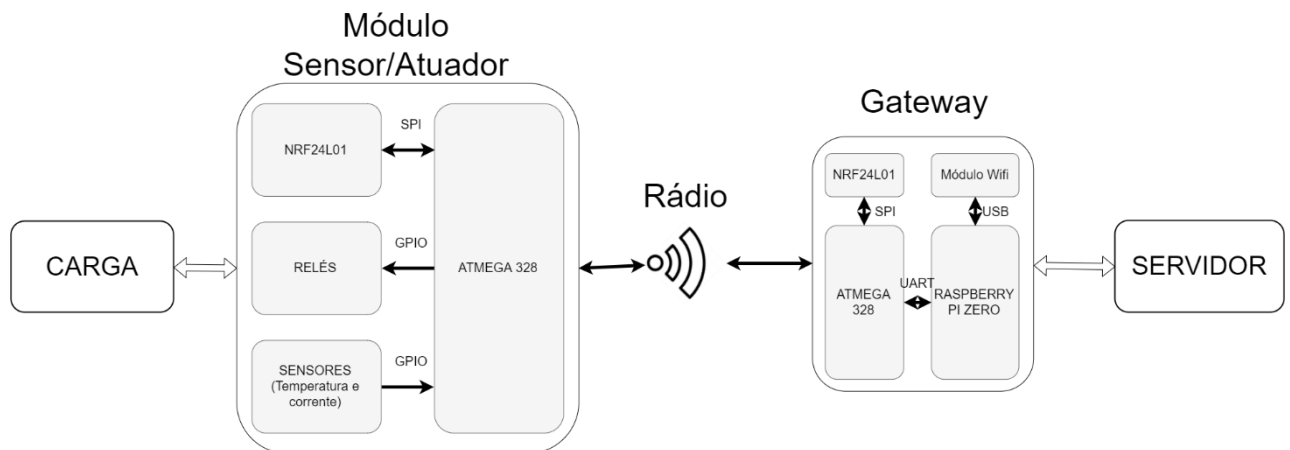


Figura 7 - Módulo sensor/atuador (MSA).

ATMEGA 328:

Micro controlador que pertence à família AVR da Atmel, amplamente utilizado em sistemas embarcados. Dentre os embarcados que utilizam o ATMEGA328 [7] o mais

conhecido deles, é o Arduino UNO. A Tabela 2 contém a especificação deste chip e no Anexo 1 está seu esquema de pinos.

Tabela 2 - Especificação do microprocessador ATMEGA328

Parâmetro	Valor
Tipo de memória do programa	Flash
Tamanho da memória (KB)	32
RAM Bytes	2,048
Data EEPROM (bytes)	1024
Interfaces de comunicação digital	1-UART, 2-SPI, 1-I2C
PWM	6PWM
Temporizadores	2 x 8-bit, 1 x 16-bit
Comparadores	1
Faixa de temperatura (C)	-40° à 85°
Faixa de tensão de operação (V)	1.8 à 5.5
Total de pinos	32

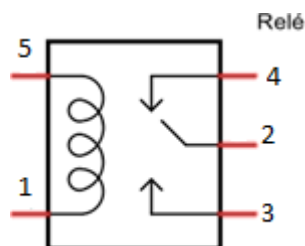
NRF24L01:

É um chip fabricado pela Nordic Semiconductor, que opera em 2.4 GHz. É facilmente integrável com micro controladores e microcomputadores existentes no mercado, como os controladores da linha Arduino (Uno, Nano, Mega, etc.) e os microprocessadores da linha Raspberry. A seguir, na Tabela 3, temos a especificação deste chip:

Tabela 3 - Especificação do Chip Transceiver NRF24L01 [11]

Parâmetro	Valor
Faixa de tensão de operação (V)	1.9 à 3.6
Faixa de corrente de operação (A)	900n à 12.3m
Faixa de temperatura de operação (C)	-40° à 85°
Frequência	2.4 GHz
Taxa máxima de transmissão	2Mbps
Modulação GFSK	
Regulador de voltagem embutido	
Comunicação simultânea com até 6 pipes	
Dimensões	3,3 x 1,4 x 0,5cm

Relé:



Módulo que tem como função principal o acionamento e desligamento de cargas, o módulo funciona da seguinte forma: Ao colocar uma tensão nos pinos 1 e 5, uma pequena corrente passa pela bobina interna do relé, formando um campo eletromagnético suficiente para mudar a chave do pino 4 para o pino 3, assim, ligando a carga. Quando a bobina não tem uma tensão sendo aplicada, não há campo eletromagnético, e a chave volta ao pino 4, através de uma pequena mola, assim, a carga permanece desligada. O relé utilizado [12] opera em 5V e necessita de 70mA de corrente para a sua ativação.

LM35:

O sensor LM35 [9] é um sensor de temperatura com saída de tensão linear proporcional à temperatura instantânea, onde sua saída é um sinal de 10mV para cada Grau Célsius de temperatura. O mesmo possui níveis de tensão ajustados ao ATMEGA328, dessa forma, não sendo necessário a utilização de um amplificador operacional para ajustar o nível de tensão e ser possível que o ATMEGA328 leia esses dados.

SCT-013:

É um sensor de corrente não evasivo que mede correntes de até 20A, e possui precisão de 10mA. A seguir na Tabela 4 temos a sua especificação.

Tabela 4 - Especificação do sensor de corrente SCT-013 [8]

Corrente de entrada: 0-20A
Sinal de saída: Tensão/1V
Dielétrico: 6000V AC/1min
Taxa anti-chama: UL94-V0
Plugue de saída: 3,5mm
Dimensão abertura: 13 x 13mm
Temperatura de trabalho: -25 a +70°C
Comprimento do cabo: 150cm

A seguir na Figura 8 temos o esquemático do circuito do MSA.

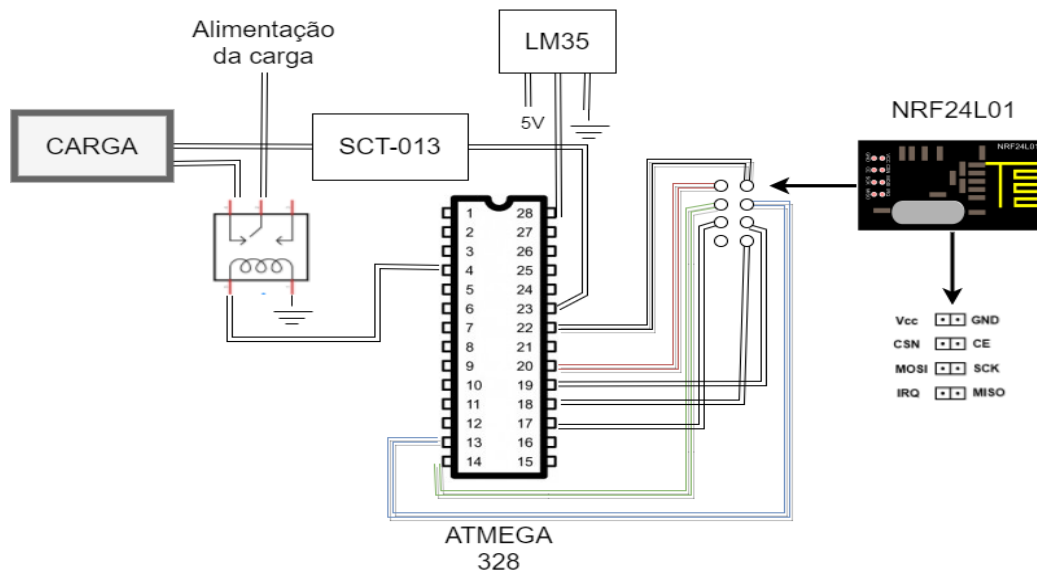


Figura 8 - Esquemático do circuito do MSA.

4.2.2.2 Módulo gateway

Na Figura 9, temos uma visão mais alto nível dos componentes do gateway, tal módulo conta com um microcomputador Raspberry Pi zero, responsável pelo controle do módulo, um adaptador WiFi USB para Raspberry Pi, um micro controlador ATMEGA 328, responsável pelo controle da rede de sensores, e um chip transceiver NRF24L01, responsável pela comunicação via rádio deste módulo na rede de sensores. Para a comunicação UART entre o ATMEGA328 e o Raspberry PI, como o ATMEGA328 opera em 5V e o Raspberry Pi em 3.3V. É necessário portanto um conversor bidirecional de 5V – 3.3V. Em seguida, temos a especificação de cada um desses componentes não especificados na sessão anterior:

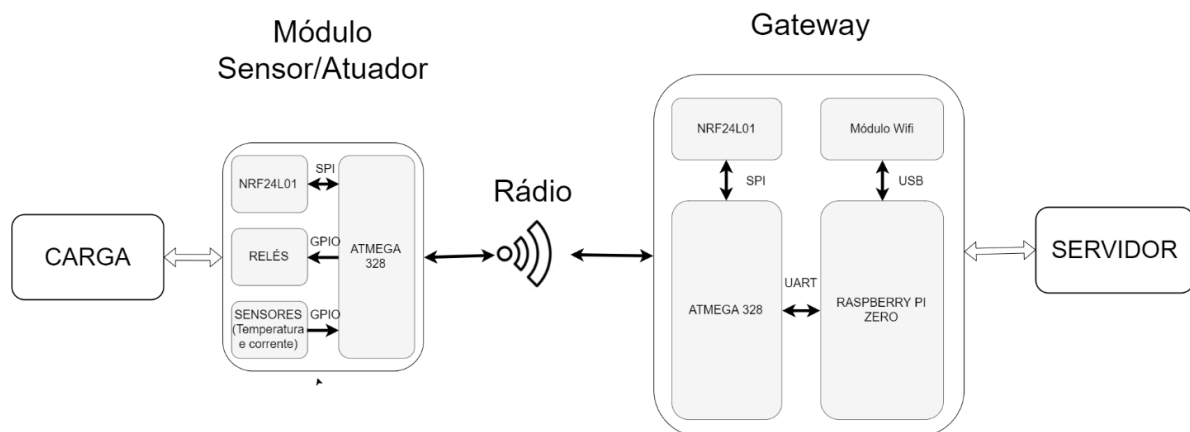


Figura 9 - Módulo gateway.

Raspberry Pi Zero:

É um poderoso microcomputador de bolso, de baixo custo, utilizado principalmente em projetos de ambientes inteligentes e automatizados. Apesar do tamanho, conta com 512 MB de memória RAM DDR2, processador ARM11 de 1GHz e suporte à conexão WiFi, UART, GPIO e HDMI. Na Tabela 5 temos algumas informações do Raspberry Pi zero, e no Anexo 2 temos seu esquema de pinagem:

Tabela 5 - Especificação do Raspberry Pi zero

Processador Broadcom BCM2835 ARM11 de 1GHz Single-core
GPU Dual Core VideoCore IV
Memória: 512MB LPDDR2 RAM
Wifi: 802.11 b/g/n
Bluetooth Low Energy (BLE) 4.1
Alimentação: 5V/1.2A
Conector de vídeo: mini HDMI (1080p60)
Porta USB OTG (On-The-Go) micro-usb
Conector micro-usb para alimentação
GPIO de 40 pinos
Conector CSI para câmera
Dimensões: 65 x 30 x 5mm

Adaptador WiFi:

É um adaptador que permite que o Raspberry Pi tenha acesso à conexão wireless, facilmente configurável. Este adaptador requer apenas um adaptador USB para micro-usb para ser conectado ao Raspberry Pi. Na Tabela 6 temos a sua especificação.

Tabela 6 - Especificação do adaptador WiFi para Raspberry Pi

Chipset: Realtek
Padrões wireless: IEEE 802.11n, IEEE 802.11g, IEEE 802.11b
Faixa de frequência: 2.4GHz ISM
Taxa de transmissão: 150 Mbps
Interface: USB 2.0
LED Indicador: Ativo (Verde)
Segurança: WEP/WPA/WPA2/WPA-PSK/WPA2-PSK (TKIP / AES)
Sistema operacional: Linux / Mac / Windows XP/ Vista / 7 / 8
Peso: 18g

A seguir na temos o esquemático do circuito do gateway.

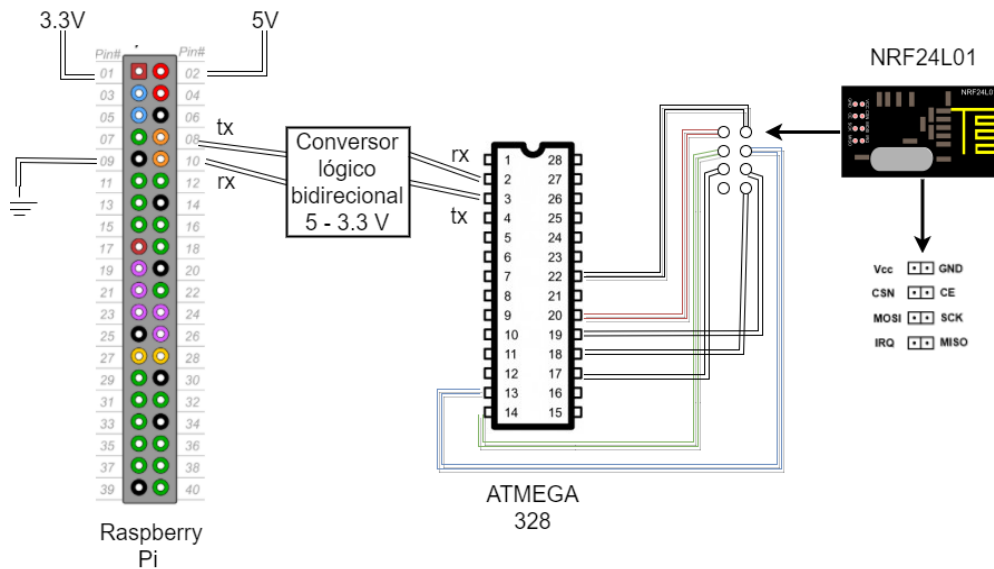


Figura 10 - Esquemático do circuito do gateway.

4.2.3 Arquitetura de software

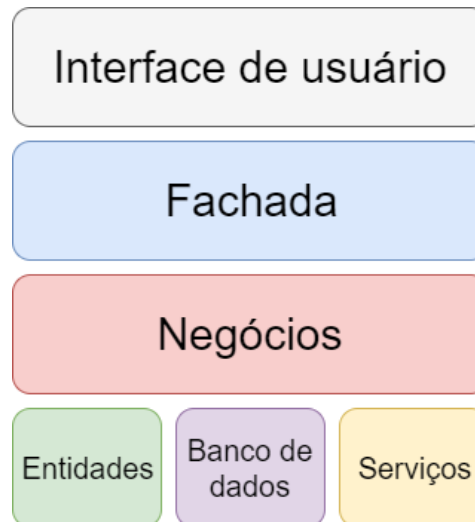


Figura 11 - Arquitetura em camadas, visão da arquitetura FACADE

Na Figura 11, temos uma visão geral da arquitetura utilizada no sistema, chamada de arquitetura Facade, ou padrão estrutural Facade. Tal padrão arquitetural tem como principais benefícios a produção de uma interface comum e simplificada, através do encapsulamento de métodos e rotinas, e também a redução de acoplamento entre as camadas do sistema. A forma como o sistema é construído ao utilizar este padrão arquitetural, maximiza a manutenibilidade do sistema. Tal requisito não funcional, é de extrema importância nos sistemas atuais, onde cada vez mais os requisitos são modificados com o tempo, provocando assim, mudanças no

sistema.

A sistema conta com 3 diferentes linguagens de programação, cada uma delas escolhida por se aplicar melhor à funcionalidade que deve implementar, além de afinidade de programação com essas ferramentas. O backend e o frontend do sistema foram implementados utilizando C# e ASP.Net, já o gateway utiliza Python 2.7 para se comunicar com o servidor, enquanto o controle da rede de sensores foi feito utilizando C++.

4.2.3.1 Backend

O backend engloba todas as partes do sistema que ficam invisíveis ao usuário, nela são implementadas várias camadas do sistema, como a fachada, a camada de negócios, as entidades, repositórios (banco de dados) e os serviços do sistema, como serviços web e outros serviços pertencentes ao sistema. A seguir, temos o detalhamento de cada uma das partes pertencentes ao Backend, com exceção do banco de dados, que terá uma sessão específica para seu detalhamento.

Fachada:

Camada responsável por encapsular todos os métodos, entidades, serviços e operações de banco de dados, na visão do usuário, somente estão disponíveis os métodos presentes na fachada, logo ela é responsável por interfacear o usuário, e as outras partes do sistema, o usuário não deve ter acesso a qualquer parte do sistema, senão pela fachada. A fachada tem acesso direto a todo o sistema, assim, tornando-se o ponto central do mesmo. A fachada desse sistema, está implementada na classe `SystemService`, especificada com mais detalhes no tópico `Serviços`, logo mais à frente.

Camada de Negócios:

Nessa camada, estão implementadas todas as regras de negócio pertinentes ao sistema. Aqui é definido como os dados são criados, armazenados, atualizados e validados. Por exemplo, para este sistema, não é permitido que dois usuários se cadastrem com o mesmo e-mail, logo, é na camada de negócios que está implementada o método que não permite que dois usuários se cadastrem com o mesmo e-mail.

Entidades:

As entidades são responsáveis por definir as classes do sistema, com seus atributos e propriedades, cada entidade, também possui métodos próprios, os quais desempenham

funções específicas, e o conjunto dessas entidades, com seus métodos, e os relacionamentos entre as entidades, produz a maior parte dos requisitos do sistema. Por exemplo, na Figura 12, temos o diagrama UML das entidades básicas do sistema:

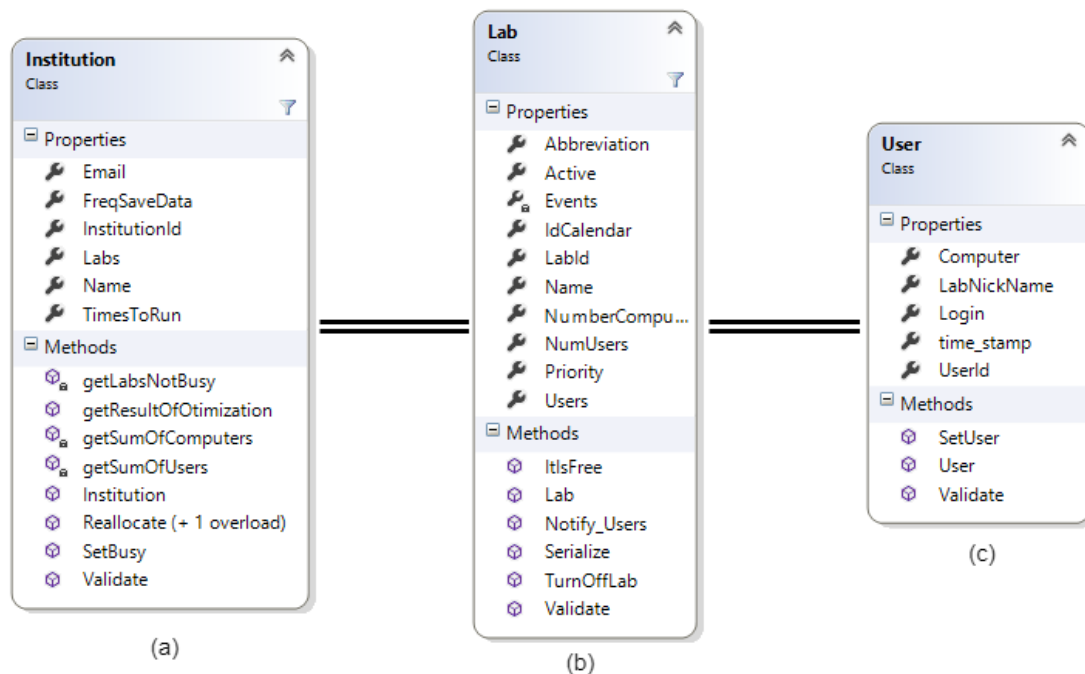


Figura 12 - Diagrama UML, classes básicas do sistema, (a) Institution, (b), Lab e (c) User.

Como entidade principal do sistema, na Figura 12(a), temos a Institution (Instituição), tal entidade possui as informações básicas da instituição em que o sistema está atuando, como o e-mail de cadastro no sistema, o nome da instituição, e os horários pré-definidos que serão usados para realocação automática dos usuários. Além disso, conta com a lista de laboratórios pertencentes nessa instituição. É também na classe Institution que está implementado o método de realocação dos usuários presentes nos laboratórios desta instituição, assim como outros métodos auxiliares.

A entidade Lab (Laboratório), Figura 12(b), conta com informações básicas do laboratório, como seu nome, a abreviação do nome (propriedade auxiliar para obtenção dos usuários ativos, será explicado com detalhes mais à frente), o número de computadores disponíveis, o número e quais usuários estão logados nos computadores deste laboratório, o identificador da agenda do laboratório no google calendar (utilizado para saber se o laboratório está ou não reservado), o campo prioridade (utilizado no método de realocação), além de métodos auxiliares para definir alguns desses campos.

Por último, a entidade User (usuário), Figura 12(c), que define o usuário dos laboratórios. Tal usuário é definido pelo campo login, além de contar com outras propriedades como o número do computador que o usuário está logado, o laboratório, e o horário que ele logou no computador, além de métodos auxiliares para setar alguns desses campos.

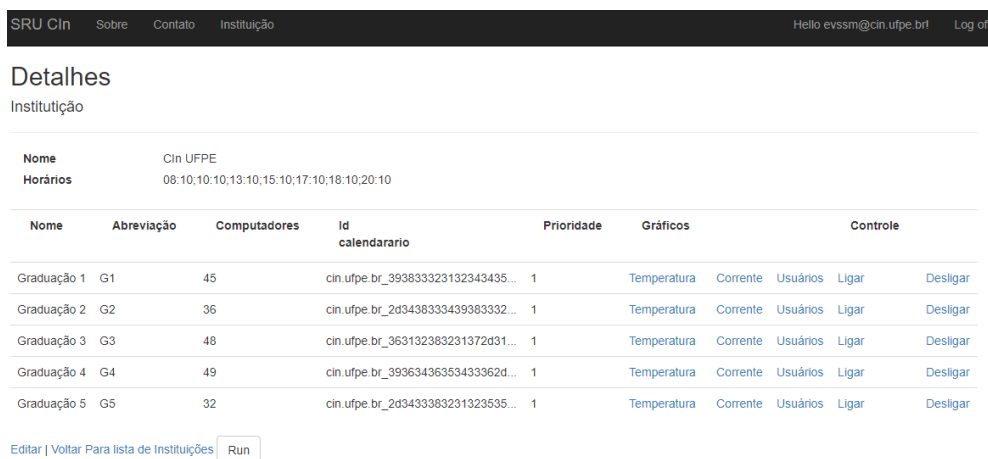
Serviços:

Nos serviços, temos a implementação de todas os serviços básicos que os sistema conta, como o serviço de envio de e-mails, serviço de manipulação de arquivos txt e xml, serviços do google calendar, e, o principal dos serviços do sistema, o serviço do sistema, implementado na classe SystemService, é esse serviço que implementa a camada da fachada, logo, o acesso as principais funcionalidades do sistema estão nessa classe do sistema, como o acesso a funcionalidade de realocar os usuários dos laboratórios, o acesso ao banco de dados, etc.

Para a implementação de todo o backend foi utilizada a ferramenta StyleCop, que é uma ferramenta que visa padronizar o estilo do código, fazendo assim com que o código esteja dentro dos padrões de programação da linguagem C#, tornando-o legível, facilitando assim a sua manutenção.

4.2.3.2 Frontend

O frontend do sistema é basicamente a interface de usuário, ou seja, o usuário do sistema interage com o mesmo através dessa interface. Nesse sistema a interface de usuário é um website, implementado a linguagem .Net C#, utilizando o framework ASP .Net MVC (model-view-control). Na Figura 13, temos uma visão da tela de detalhes da instituição no website, as demais telas do website serão mostradas no capítulo 5.



Nome	Abreviação	Computadores	Id calendario	Prioridade	Gráficos	Controle
Graduação 1	G1	45	cin.ufpe.br_393833323132343435...	1	Temperatura Corrente	Usuários Ligar Desligar
Graduação 2	G2	36	cin.ufpe.br_2d3438333439383332...	1	Temperatura Corrente	Usuários Ligar Desligar
Graduação 3	G3	48	cin.ufpe.br_363132383231372d31...	1	Temperatura Corrente	Usuários Ligar Desligar
Graduação 4	G4	49	cin.ufpe.br_39363436353433362d...	1	Temperatura Corrente	Usuários Ligar Desligar
Graduação 5	G5	32	cin.ufpe.br_2d3433383231323535...	1	Temperatura Corrente	Usuários Ligar Desligar

Figura 13 - Página de detalhes da instituição.

4.2.3.3 Banco de dados

A camada de banco de dados fornece uma visão das informações do banco de dados, aplicando semânticas para registros de banco de dados. A seguir na Figura 14, temos o esquema das tabelas do banco de dados do sistema.

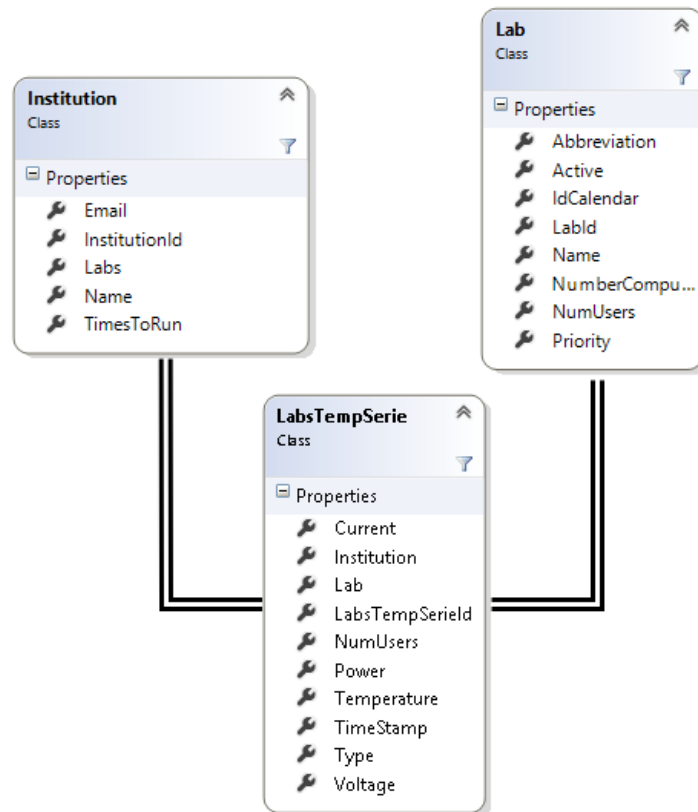


Figura 14 - Esquema UML do banco de dados do sistema

Para a implementação do banco de dados, foi utilizado SqlServer e o Entity framework 4.0. O Entity framework gera automaticamente as tabelas do banco de dados, a partir da definição das classes do sistema.

O sistema conta com 3 tabelas: a tabela Institution, Lab e LabsTempSerie. A tabela Institution (Figura 15) conta com informações especificadas a seguir:

InstitutionId – Chave primária da tabela.

Name – Nome da instituição

Email – E-mail de cadastro da instituição.

TimesToRun - Horários a ser executado automaticamente a realocação dos usuários nos laboratórios.

```
CREATE TABLE [dbo].[Institution] (
    [InstitutionId] INT IDENTITY (1, 1) NOT NULL,
    [Name] NVARCHAR (MAX) NULL,
    [Email] NVARCHAR (MAX) NULL,
    [TimesToRun] NVARCHAR (MAX) NULL,
    CONSTRAINT [PK_dbo.Institution] PRIMARY KEY CLUSTERED ([InstitutionId] ASC)
);
```

Figura 15 - Modelagem da tabela Institution

A tabela Lab (Figura 16) conta com informações especificadas a seguir:

LabId – Chave primária da tabela.

Name – Nome do laboratório.

Abbreviation – Abreviação do nome do laboratório.

NumberComputers – Número de computadores disponíveis no laboratório.

IdCalendar – Identificador da agenda do laboratório no google calendar.

Priority – Prioridade a ser levada em conta no algoritmo de realocação (quanto menor o número, maior a prioridade).

Active – Estado do laboratório, 1 para ligado e 0 para desligado.

Institution_InstitutionId – Chave estrangeira para a instituição a qual esse laboratório pertence.

```
CREATE TABLE [dbo].[Lab] (
    [LabId] INT IDENTITY (1, 1) NOT NULL,
    [Name] NVARCHAR (MAX) NULL,
    [Abbreviation] NVARCHAR (MAX) NULL,
    [NumberComputers] INT NOT NULL,
    [IdCalendar] NVARCHAR (MAX) NULL,
    [Priority] INT NOT NULL,
    [Active] BIT NOT NULL,
    [Institution_InstitutionId] INT NULL,
    CONSTRAINT [PK_dbo.Lab] PRIMARY KEY CLUSTERED ([LabId] ASC),
    CONSTRAINT [FK_dbo.Lab_dbo.Institution_Institution_InstitutionId] FOREIGN KEY
);
```

Figura 16 - Modelagem da tabela Lab

A tabela LabsTempSeries (Figura 17), conta com informações especificadas a seguir:

LabsTempSeriesId – Chave primária da tabela.

Institution – Referência para a instituição

Lab – Referência para o laboratório

NumUsers – Número de usuários ativos

Type – Tipo de série temporal, 1 para séries temporais relativas a informações de corrente e temperatura e 2 para séries temporais relativas ao número de usuários.

Temperature – Temperatura em graus Celsius.

Current – Corrente em mili amperes.

TimeStamp – Momento no qual o dado foi enviado ao servidor.

```
CREATE TABLE [dbo].[LabsTempSeries] (  
    [LabsTempSerieId] INT IDENTITY (1, 1) NOT NULL,  
    [Institution] NVARCHAR (MAX) NULL,  
    [Lab] NVARCHAR (MAX) NULL,  
    [NumUsers] INT NOT NULL,  
    [Type] INT NOT NULL,  
    [Temperature] REAL NOT NULL,  
    [Current] REAL NOT NULL,  
    [TimeStamp] DATETIME NOT NULL,  
    CONSTRAINT [PK_dbo.LabsTempSeries] PRIMARY KEY CLUSTERED  
);
```

Figura 17 - Modelagem da tabela LabsTempSeries

No sistema, o acesso ao banco de dados se dá através de duas formas, a primeira é utilizada pelo website através do SystemService, no SystemService, estão presentes os métodos que permitem as operações básicas no banco de dados, são elas:

Add – Equivalente ao insert, insere novos dados na tabela.

Delete – Apaga dados já inseridos na tabela.

Update – Atualiza dados já inseridos na tabela.

Get – Obtém dados já inseridos na tabela.

A segunda forma de ter acesso aos dados é através de *RestAPI*, que é um *WebService* com funções específicas para comunicação entre partes distintas de um mesmo sistema, ou comunicação entre diferentes sistemas. Toda informação que trafega através da *RestAPI* implementada no sistema, se dá no formato *JSON (JavaScript object Notation)*. Em Seguida, temos um exemplo de um Json retornado pelo servidor, ao se requisitar as informações da

série temporal de um determinado laboratório (Figura 18) e ao se requisitar as informações de uma instituição (Figura 19).

```
{
  "LabsTempSerieId": 1,
  "Institution": "evssm@cin.ufpe.br",
  "Lab": "G1",
  "NumUsers": 0,
  "Type": 1,
  "Temperature": 2.0,
  "Current": 6.0,
  "TimeStamp": "2017-11-27T20:59:48"
}
```

Figura 18 - Exemplo de um Json referente à série temporal de um laboratório.

```
{
  "InstitutionId": 2,
  "Name": "CIn UFPE",
  "Email": "evssm@cin.ufpe.br",
  "TimesToRun": "08:10;10:10;13:10;15:10;17:10;18:10;20:10",
  "Labs": [
    {
      "LabId": 1,
      "Name": "Graduação 1",
      "Abbreviation": "G1",
      "NumberComputers": 45,
      "IdCalendar": "cin.ufpe.br_3938333231323434353238@resource.calendar.google.com",
      "Priority": 1,
      "Active": true
    }
  ]
}
```

Figura 19 - Exemplo de um Json referente a uma instituição.

A RestAPI do sistema, serve principalmente para a comunicação entre o módulo gateway e o servidor do sistema. É através dela, que o gateway envia os dados obtidos pela rede de sensores ao servidor, e também é através dela que o gateway obtém do servidor o estado (ligado ou desligado) de cada um dos laboratórios.

4.3 Funcionalidades

Nessa sessão são detalhadas todas as funcionalidades do sistema, seus casos de uso, e os requisitos aos quais estão relacionados. A Tabela 7 apresenta a descrição de todas as funcionalidades do sistema e seu mapeamento para casos de uso e requisitos.

Tabela 7 - Funcionalidades do sistema.

Funcionalidade	Descrição	Caso de uso	Requisitos relacionados
1	Cadastro de instituição	Como gerente do sistema eu gostaria de cadastrar uma instituição e definir suas informações.	1, 2 e 3.

2	Visualizar, alterar e deletar as informações da instituição.	Como usuário eu gostaria de ver, editar e deletar as informações de uma instituição.	4, 5 e 6.
3	Cadastrar e deletar laboratórios	Como usuário eu gostaria de cadastrar um laboratório e definir suas informações ou deletar um laboratório já cadastrado.	7 e 8.
4	Obtenção de informações do laboratório.	Como usuário eu gostaria de visualizar gráficos de temperatura e corrente no tempo, consumida nas cargas analisadas do laboratório.	14 e 15.
5	Obtenção de informações do laboratório.	Como gerente do sistema eu gostaria de visualizar gráficos dos usuários ativos no laboratório por tempo.	16.
6	Obtenção dos usuários ativos em um laboratório	Como gerente do sistema eu gostaria de executar o serviço de realocação de usuários.	9, 17 e 19.
7	Ocupação/Reserva dos laboratórios	Como gerente do sistema eu gostaria de executar o serviço de realocação de usuários.	9, 17 e 20.
8	Realocação dos usuários dos laboratórios	Como gerente do sistema eu gostaria de executar o serviço de realocação de usuários.	9, 10, 11, 17, 19 e 20.
9	Notificação dos usuários	Como gerente do sistema eu gostaria de receber uma notificação com o resultado do serviço de realocação.	10 e 11.
10	Ativação/Desativação de cargas do laboratório	Como gerente do sistema eu gostaria de ativar e desativar cargas remotamente via website.	12 e 13.

4.3.1 Cadastro de instituições

O cadastro de uma instituição é feito através do registro no website utilizando uma conta do google. Após o registro, o usuário deverá ir até a página “Instituição” para preencher as informações básicas da instituição: o seu nome e os horários para que o sistema rode automaticamente o serviço de realocação. Na Figura 20, temos o diagrama de sequência relativo ao cadastro da instituição.

4.3.2 Cadastro de laboratórios

O cadastro de laboratórios também é feito na página “Instituição”. Ao salvar a instituição, o sistema mostra os campos para preencher as informações pertinentes aos laboratórios. Na Figura 20, temos o diagrama de sequência relativo ao cadastro de um laboratório.

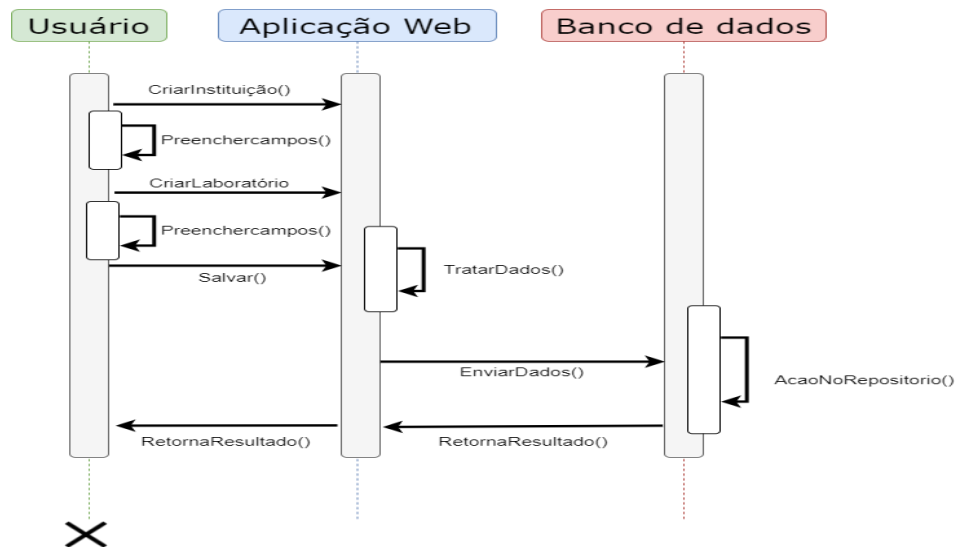


Figura 20 - Diagrama de sequência relativo ao cadastro da instituição e seus laboratórios.

4.3.3 Obtenção das informações dos laboratórios

Além das informações básicas que é dever do usuário do sistema fornecer ao preencher os campos dos laboratórios, outras informações importantes são obtidas pelo próprio sistema, a seguir, temos o detalhamento de cada uma delas.

4.3.3.1 Informações de corrente e temperatura

Através da infraestrutura da rede de sensores presentes nos laboratórios da instituição, o sistema é capaz de obter dados do ambiente, como a corrente consumida pelos equipamentos que estão sendo monitorados, e a temperatura do laboratório naquele instante. Todas as informações são persistidas em um banco de dados, onde poderão ser utilizadas para estudos futuros, que podem envolver técnicas de computação inteligente, visando criar estratégias para reduzir ainda mais o consumo de energia. Na Figura 21, temos o diagrama de sequência relativo a essa funcionalidade.

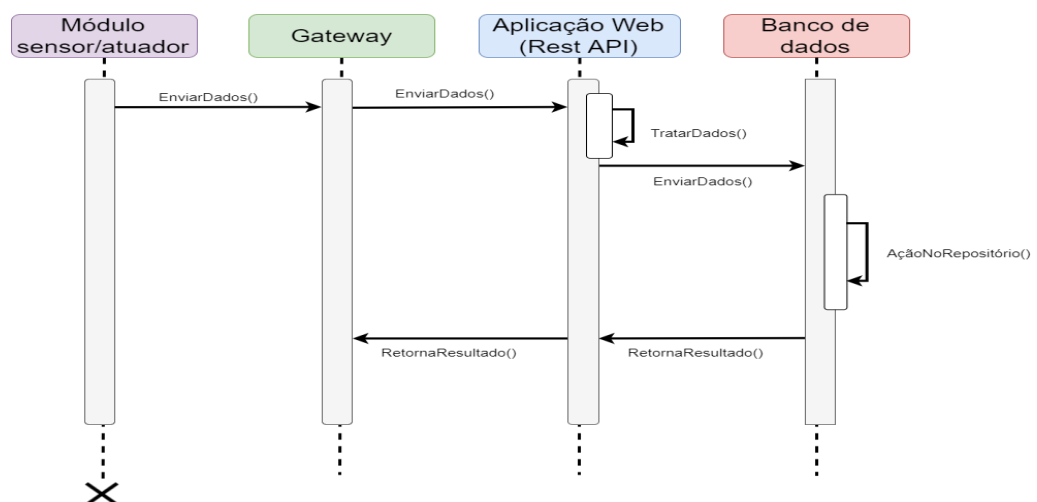


Figura 21 - Diagrama de sequência das séries temporais de corrente e temperatura.

4.3.3.2 Informação do número de usuários ativos nos laboratórios

Uma das informações necessárias para que o sistema de realocação funcione, é o número de usuários ativos em tempo real em cada um dos laboratórios. Para obter tal informação, um arquivo de texto contendo as informações sobre todos os usuários logados naquele instante é lido. Tal arquivo é disponibilizado pela infraestrutura do Centro de informática (CIn). Na Figura 22, temos um exemplo desse arquivo de texto.

```
dals * G5C28 * 28/08/2017 11:47:08
bvgn * G5C11 * 28/08/2017 12:51:41
lls * G4C24 * 28/08/2017 12:47:10
ecf * G5C10 * 28/08/2017 13:12:02
lagc * G2C45 * 28/08/2017 13:45:12
Jwsa * G5C14 * 28/08/2017 13:47:24
```

Figura 22 - Exemplo de arquivo de texto contendo informações dos usuários ativos nos laboratórios.

Cada linha do arquivo contém a identificação de um usuário do laboratório, é utilizado um separador (*), a primeira informação é o login do usuário, a segunda é no formato “ABREVIÇÃO”C”NUMERO”, a abreviação é justamente a sigla do laboratório, o que justifica a adição do atributo “Abbreviation” no banco de dados, ‘C’ significa computador e “NUMERO” é o número do computador em que o usuário está logado. A terceira informação é o momento em que o usuário logou no computador. Sempre que um usuário desloga de um computador, a linha referente a este usuário é retirada do arquivo.

O sistema guarda periodicamente no banco de dados um registro temporal do número de usuários ativos em cada um dos laboratórios.

4.3.3.3 Ocupação/Reserva dos laboratórios

Ao rodar o serviço de realocação, é necessário saber se aquele laboratório está livre para uso dos estudantes do CIn, ou reservado para aulas, monitorias, eventos, etc. Para obter tal informação, é utilizado o serviço do Google Calendar, onde cada laboratório têm uma agenda no google informando se está reservado ou não. Logo, antes de executar a realocação o sistema realiza uma consulta à agenda de cada um dos laboratórios para obter essa informação, caso um laboratório esteja ocupado, ele e seus usuários não participam do processo de realocação.

4.3.4 Realocação dos usuários dos laboratórios

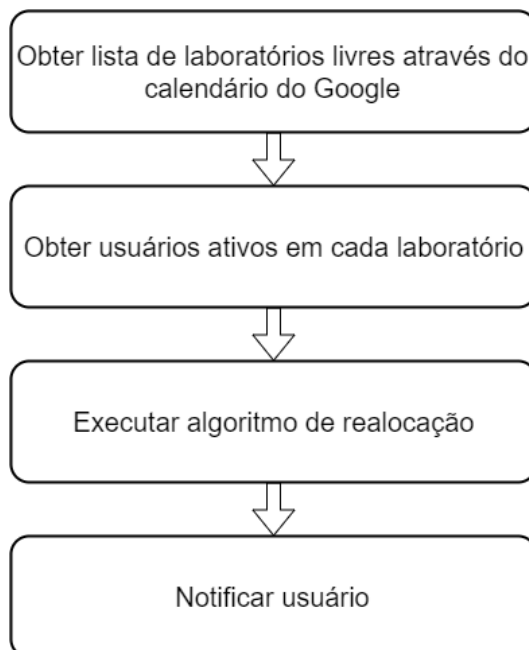


Figura 23 - Fluxograma do serviço de realocação de usuários

O fluxograma do serviço de realocação é mostrado na Figura 23, inicialmente é necessário obter a lista de laboratórios livres através do calendário do google, em seguida obtêm-se os usuários ativos em cada um dos laboratórios, executa-se o algoritmo de realocação e notifica o usuário com o resultado. Abaixo temo o pseudocódigo do algoritmo de realocação:

Algoritmo de realocação de usuários:

Condições anteriores:

Lista de laboratórios com o número de usuários ativos no momento.

Pseudocódigo:

- 1- Obtenha a lista de laboratórios que não estão reservados.
- 2- Ordene esta lista em ordem crescente de acordo com o número de usuários ativos.
- 3- Ordene a lista resultante do passo 2 em ordem decrescente de acordo com a prioridade do laboratório.
- 4- Para cada um dos laboratórios, faça:
 - 4.1- Verifique se o laboratório 'i' já foi testado.
 - 4.1.1 - Se não, Verifique se a quantidade de usuários ativos neste laboratório, mais a quantidade de usuários que já foram desalocados de outros laboratórios pode ser colocada nos outros laboratórios que ainda não foram testados.
 - 4.1.1.1- Se sim, desative o laboratório 'i'

4.1.1.2- Se não, coloque este laboratório no fim da lista e o marque como testado.

4.1.2 - Se sim, pare o algoritmo.

5- retorne o resultado.

Exemplo de execução do algoritmo:

Supondo o cenário mostrado na Tabela 8, o primeiro passo do algoritmo seria ordenar os laboratórios de acordo com o número de usuários ativos, depois ordenar os laboratórios em ordem decrescente de acordo com a prioridade. Para este exemplo, não haveria modificações.

Tabela 8 - Cenário inicial do algoritmo de realocação.

Lab	G1	G2	G3	G4	G5
Nº computadores	30	50	40	Ocupado	Ocupado
Nº Usuários	12	15	20	Ocupado	Ocupado
Prioridade	1	1	1	Ocupado	Ocupado

Em seguida, é executado o passo 4.1.1 do algoritmo. O resultado pode ser visto na Tabela 9.

Tabela 9 - Primeiro laboratório realocado.

Lab	G1	G2	G3	G4	G5
Nº computadores	Realocado	50	40	Ocupado	Ocupado
Nº Usuários	Realocado	15	20	Ocupado	Ocupado
Prioridade	Realocado	1	1	Ocupado	Ocupado

Tabela 10 - Resultado final do algoritmo de realocação.

Lab	G1	G3	G2	G4	G5
Nº computadores	Realocado	Realocado	50	Ocupado	Ocupado
Nº Usuários	Realocado	Realocado	15	Ocupado	Ocupado
Prioridade	Realocado	Realocado	1	Ocupado	Ocupado

O resultado final do algoritmo pode ser visto na Tabela 10.

4.3.5 Ativar/Desativar cargas dos laboratórios

O sistema permite que o usuário ative ou desative remotamente as cargas nos laboratórios, para isso, basta clicar no botão Ligar ou no Botão desligar, na página “Instituição/detalhes” do website. O diagrama de sequência que define o fluxo dos dados relativos a esta funcionalidade é vista a seguir na Figura 24.

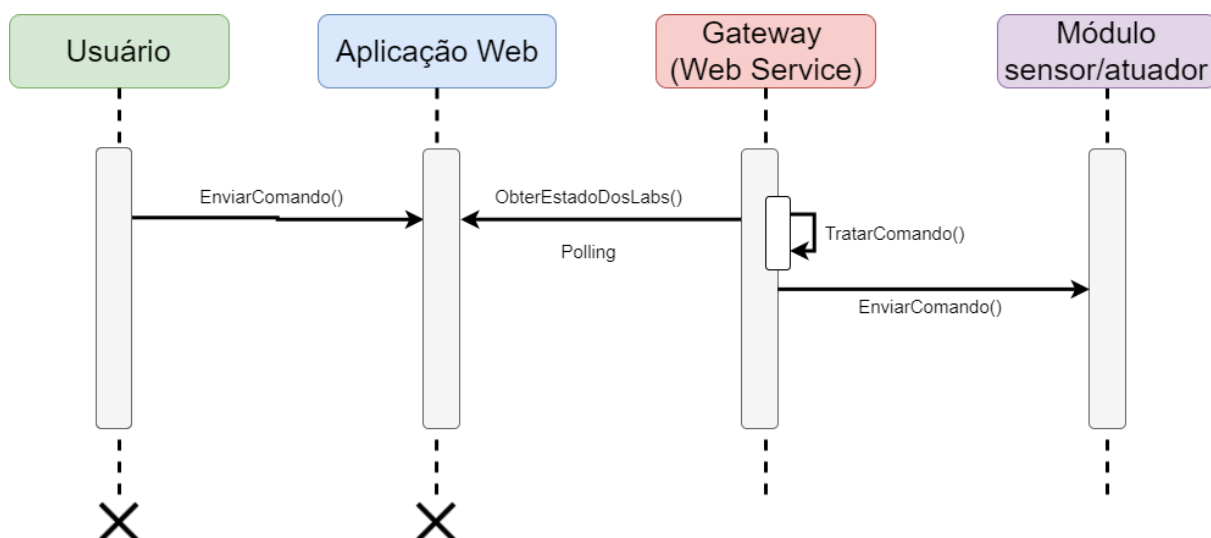


Figura 24 - Diagrama de sequência da funcionalidade de ativar ou desativar cargas nos laboratórios.

4.3.6 Notificação dos usuários

Sempre que o usuário clica no Botão “RUN”, visto na página “Instituição/detalhes” do website e quando o serviço de execução automática do serviço de realocação é executado, o usuário recebe um e-mail, informando o resultado do serviço de realocação.

4.3.7 Gráficos relativos às informações do laboratório

Cada uma das séries temporais conta com um botão dedicado para gerar o gráfico relativo a ela em cada um dos laboratórios, são os botões: “Temperatura”, “Corrente” e “Usuários”. Ao clicar em cada um desses botões, os vinte dados mais recentes em cada uma das informações serão mostrados.

5 Experimentos e Análise

Este capítulo tem como objetivo mostrar os resultados dos testes de validação de cada uma das funcionalidades apresentadas no capítulo anterior. Todos os experimentos feitos consideraram informações baseadas em dados reais do Centro de Informática. As informações são mostradas na Figura 25.

Instituição

Nome	CIn UFPE									
Horários	08:10;10:10;13:10;15:10;17:10;18:10;20:10									

Nome	Abreviação	Computadores	Id calendarario	Prioridade	Gráficos		Controle		
Graduação 1	G1	45	cin.ufpe.br_393833323132343435...	1	Temperatura	Corrente	Usuários	Ligar	Desligar
Graduação 2	G2	36	cin.ufpe.br_2d3438333439383332...	1	Temperatura	Corrente	Usuários	Ligar	Desligar
Graduação 3	G3	48	cin.ufpe.br_363132383231372d31...	1	Temperatura	Corrente	Usuários	Ligar	Desligar
Graduação 4	G4	49	cin.ufpe.br_39363436353433362d...	1	Temperatura	Corrente	Usuários	Ligar	Desligar
Graduação 5	G5	32	cin.ufpe.br_2d3433383231323535...	1	Temperatura	Corrente	Usuários	Ligar	Desligar

Editar | Voltar Para lista de Instituições

Run

Figura 25 - Informações cadastradas utilizadas nos testes do sistema.

5.1 Cadastro da instituição

Para o cadastro da instituição são necessárias duas etapas, primeiro se registrar no website, depois criar uma instituição e preencher as informações básicas da instituição.

Criar Instituição

Instituição

Nome

CIn UFPE

Horários

08:10 ; 10:10 ; 13:10 ; 15:10

Salvar

[Voltar para Instituição](#)

(a)

Index

Nome	Horários	
CIn UFPE	08:10 ; 10:10 ; 13:10 ; 15:10	Editar Detalhes Deletar Run

(b)

Figura 26 - Resultado do cadastro da instituição

A Figura 26 (a) mostra o preenchimento das informações básicas da instituição, ao clicar no botão salvar, as informações são persistidas no banco de dados do sistema, e o resultado pode ser visto na Figura 26 (b).

5.2 Cadastro de laboratórios

Quando se cria uma instituição e salva suas informações básicas, aparece para o usuário os campos para o cadastro de um laboratório, ao preencher todas as informações e clicar em salvar, o laboratório é inserido na lista de laboratórios pertencentes a esta instituição. Também é possível inserir um novo laboratório ao clicar no botão “Editar” da instituição, e na tela seguinte clicar em “Editar laboratórios”.

Laboratórios

Nome	Graduação 1
Abreviação	G1
Número de computadores	45
Id do Google calendar	cin.ufpe.br_3938333231323
Prioridade	1
Salvar	

Figura 27 - Cadastro de laboratório de uma instituição

A Figura 27 mostra o preenchimento das informações do laboratório, ao clicar no botão salvar essas informações são persistidas no banco de dados do sistema, na Figura 25 temos um exemplo do resultado da inserção de 5 laboratórios em uma instituição.

5.3 Informações de corrente e temperatura

Através da infraestrutura mostrada no capítulo anterior, a partir do módulo sensor/atuador (MSA) se obtêm as informações de corrente do equipamento monitorado no laboratório e a temperatura do laboratório. Nos experimentos realizados, tais informações eram enviadas do MSA para o gateway, o qual as enviava estas informações periodicamente ao servidor a cada 5 segundos, para serem persistidas. O tempo de 5 segundos foi escolhido pois em trabalhos futuros, esses dados serão utilizados em aplicações de técnicas inteligentes, que em sua maioria, demandam uma grande quantidade de dados. Os testes foram feitos em um ambiente residencial e a carga que foi utilizada para as leituras de corrente foi uma lâmpada.

5.4 Informação de número de usuários

As informações do número de usuários é obtida através do arquivo de texto que foi detalhado na sessão 4.3.3.2 – p 36. Foi criado um arquivo executável, que lê esse arquivo de texto, processa os dados lidos e envia a informação do número de usuários ativos junto com o “timestamp”. Para que este executável fosse executado periodicamente, foi utilizado o agendador de tarefas do Windows, este serviço foi configurado para que este programa fosse executado periodicamente a cada 5 minutos.

5.5 Realocação dos usuários dos laboratórios

Para os experimentos do serviço de realocação de usuários, detalhada na sessão 4.3.4, p - 37. Foram feitos testes de duas formas: a primeira delas foi através do website, ao ir no detalhamento da instituição e clicar no botão “Run”. Nesse momento o serviço de realocação é executado no servidor, e a resposta é retornada ao usuário. Tal resposta é mostrada no website e também através do envio de um e-mail para o gerente do sistema.

Index

Nome	Horários	
CIn UFPE	08:10;10:10;13:10;15:10;17:10;18:10;20:10	Editar Detalhes Deletar <button>Run</button>
O laboratório G1 deve ser desligado.		
O laboratório G2 deve ser ligado.		
O laboratório G3 deve ser ligado.		
O laboratório G4 deve ser ligado.		
O laboratório G5 deve ser desligado.		

Figura 28 - Resultado sendo mostrado ao usuário ao clicar no botão “Run”

A segunda forma para testar o serviço de realocação foi feita para testar o serviço de execução automática. Para tal, foi criado um programa com todas as etapas do serviço de realocação, fazendo uso do agendador de tarefas do Windows. O programa é executado a cada 10 minutos, verificando se o horário atual é um dos horários configurados pelo gerente do sistema. Caso seja um desses horários, a realocação é executada e o resultado é enviado por e-mail para o usuário.

5.6 Ativar/Desativar cargas dos laboratórios

Para testar esta funcionalidade, foi colocado uma lâmpada em um módulo sensor/atuador (MSA). Tal módulo foi configurado como sendo o módulo que monitora o laboratório de Graduação 1 (G1). Ao acessar a página de detalhes da instituição, cada laboratório tem um botão “Ligar” e um

botão “Desligar”, ao clicar nesses botões a lâmpada era ligada ou desligada. Ao rodar o serviço de realocação, o resultado referente ao laboratório G1 também foi levado em conta, caso o status do laboratório fosse desligado, a lâmpada era desligada, caso o status fosse ligado, a lâmpada era ligada.

5.7 Gráficos relativos às informações dos laboratórios

Ao clicar em um dos botões relativos aos gráficos, é mostrado um gráfico com os 20 últimos (em relação ao tempo), tais gráficos são importantes para que o usuário possa acompanhar em tempo real cada uma dessas séries temporais. Por exemplo, ao observar o gráfico de corrente o usuário poderá usar esses dados para tomar a decisão de ligar ou desligar um determinado equipamento. A seguir temos exemplos dos três gráficos:

Na Figura 29 temos o gráfico de temperatura no tempo.

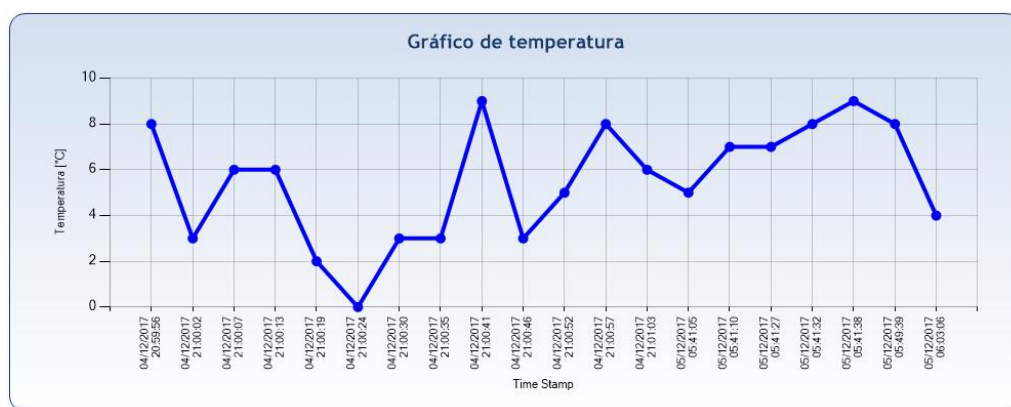


Figura 29 - Gráfico de temperatura.

Na Figura 30, temos o gráfico de corrente no tempo. Tal gráfico é importante para que o gerente do sistema tenha ideia da demanda de energia do laboratório e assim tome a decisão de ligar ou desliga-lo.



Figura 30- Gráfico de corrente.



Figura 31 - Gráfico do número de usuários.

Na Figura 31 temos o gráfico de número de usuários no tempo.

5.8 Comparação com outros trabalhos

Para a comparação entre este trabalho e outros trabalhos disponíveis na literatura, temos a Tabela 11, que faz o mapeamento das funcionalidades de cada um dos sistemas.

Trabalhos a serem comparados:

- 1- CP Donaté [3]
- 2- AM Braga et al. [4]
- 3- Duy Nguyen et al. [5]
- 4- DR de Brito [6]
- 5- Sistema para realocação de usuários... (SRU-CIn, Trabalho proposto)

Tabela 11 - Comparação das funcionalidades disponíveis em cada sistema.

Funcionalidade	1	2	3	4	5
Ligar/Desligar Carga	X		X		X
Histórico de Medições	X	X	X	X	X
Medições em Tempo Real	X	X	X	X	X
Informações de Potência	X	X	X	X	X
Informações de Corrente	X				X
Informações de Temperatura	X				X
Informação do número de usuários					X
Ocupação e Reserva dos laboratórios					X
Realocação dos usuários					X

Observamos que a solução apresentada neste trabalho possui um número bem maior de funcionalidades em relação aos outros sistemas comparados. Algumas dessas funcionalidades estão presentes somente na solução apresentada, como as informações de temperatura, o

serviço de realocação de usuários e a reserva de laboratórios. Nesta comparação foi somente levado em conta as funcionalidades disponíveis em cada um dos trabalhos, à comparação para checar a eficiência de cada uma das funcionalidades será feita em trabalhos futuros.

6 Conclusões e Trabalhos Futuros

Nesse trabalho foi proposto um sistema de realocação de usuários dos laboratórios do Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco. Além das funcionalidades referentes à realocação de usuários, como a obtenção de informações de ocupação e número de usuários ativos nos laboratórios e do próprio serviço de realocação, funcionalidades extras foram incorporadas ao sistema, no intuito de prover ao usuário do sistema informações úteis para que o consumo de energia da instituição diminua.

6.1 Contribuições

O serviço de realocação é de extrema relevância para o Centro de Informática, visto que principalmente nos finais de semana o número de usuários dos laboratórios é pequeno, não há necessidade de manter todos os laboratórios ligados, observa-se que pela infraestrutura do centro, existem mais de 200 computadores distribuídos pelos 5 laboratórios de graduação, além de que cada um desses laboratórios conta com dois condicionadores de ar, que são equipamentos de alta potência, ou seja, consomem muita energia. Ao utilizar esse sistema, os laboratórios podem ser desligados, sem prejuízos aos seus usuários.

6.2 Trabalhos Futuros

A partir desse sistema, pode-se obter informações importantes a partir das séries temporais que são armazenadas. Logo, abre-se um leque de possibilidades para aplicações de técnicas de inteligência artificial, previsão de séries temporais, otimização, computação bioinspirada, dentre outras. Tais técnicas podem contribuir significativamente para obter estratégias de consumo que visem a economia de energia.

Além disso, o próprio sistema pode ser melhorado, no âmbito de obter ainda mais informações, como a potência consumida pelos equipamentos e o cadastro de equipamentos.

7 Referências bibliográficas

- [1] Planeta já estourou recursos naturais capazes de serem regenerados em 2017. Disponível em: <https://istoe.com.br/planeta-ja-estourou-recursos-naturais-capazes-de-serem-regenerados-em-2017/>. Acessado em 20 de novembro às 18:00.
- [2] Lacerda, H. F.; Feitosa, A. R. S.; Silva-Filho, A. G. “Redução de Energia em Casas Inteligentes utilizando uma Abordagem Multiobjetivo baseada nos Perfis de Uso de Equipamentos”, In: VI Brazilian Symposium on Computing Systems Engineering (SBESC), 2016, João Pessoa. VI Brazilian Symposium on Computing Systems Engineering, 2016. v. 1.
- [3] CP Donaté. “SISTEMA SEM FIO DE MONITORAMENTO DE CONSUMO E QUALIDADE DE ENERGIA”, Trabalho de graduação, Faculdade de Tecnologia Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Brasília, Universidade de Brasília, 2016.
- [4] AM Braga; WJD Vasconcelos; JPS de Sousa; P Klecius; F Cardoso. “Gerenciamento do consumo de energia elétrica residencial através de uma ferramenta de comunicação sem fio”. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará.
- [5] Duy Nguyen ; Michael Negnevsky ; Danchi Jiang ; Martin de Groot. A model of domestic energy management enabling low-cost technolog. Power Engineering Conference, pages 1–6, 2008.
- [6] DR de Brito. “Sistema de Monitoração e Gerenciamento do Consumo Elétrico Residencial Utilizando a Malha Elétrica para Comunicação”, Trabalho de graduação, Curitiba, Universidade Positivo, 2009.
- [7] Datasheet do ATMEGA 328. Disponível em: http://www.atmel.com/images/Atmel-8271-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega48A-48PA-88A-88PA-168A-168PA-328-328P_datasheet_Complete.pdf. Acessado em 10 de novembro de 2017 às 18 horas.
- [9] Datasheet do LM35. Disponível em: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf?HQS=TI-null-null-alldatasheets-df-pf-SEP-wwe>. Acessado em 20 de novembro de 2017 às 18 horas.
- [10] Datasheet do SCT-013. Disponível em: <https://nicegear.nz/obj/pdf/SCT-013-datasheet.pdf>. Acessado em 20 de novembro de 2017 às 18 horas.

[11] Datasheet do NRF24L01. Disponível em: <https://www.nordicsemi.com/eng/Products/2.4GHz-RF/nRF24L01P>. Acessado em 20 de novembro de 2017 às 18 horas.

[12] Datasheet do relé utilizado. Disponível em: https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/robocore-lojavirtual/258/Relay_AX.pdf. Acessado em 20 de novembro de 2017 às 18 horas.

8 Anexos

(PCINT14/RESET) PC6	1	28	PC5 (ADC5/SCL/PCINT13)
(PCINT16/RXD) PD0	2	27	PC4 (ADC4/SDA/PCINT12)
(PCINT17/TXD) PD1	3	26	PC3 (ADC3/PCINT11)
(PCINT18/INT0) PD2	4	25	PC2 (ADC2/PCINT10)
(PCINT19/OC2B/INT1) PD3	5	24	PC1 (ADC1/PCINT9)
(PCINT20/XCK/T0) PD4	6	23	PC0 (ADC0/PCINT8)
VCC	7	22	GND
GND	8	21	AREF
(PCINT6/XTAL1/TOSC1) PB6	9	20	AVCC
(PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	10	19	PB5 (SCK/PCINT5)
(PCINT21/OC0B/T1) PD5	11	18	PB4 (MISO/PCINT4)
(PCINT22/OC0A/AIN0) PD6	12	17	PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3)
(PCINT23/AIN1) PD7	13	16	PB2 ($\overline{SS}$ /OC1B/PCINT2)
(PCINT0/CLKO/ICP1) PB0	14	15	PB1 (OC1A/PCINT1)

Anexo 1 - Esquema de pinos do ATMEGA328

Raspberry Pi Zero (J8 Header)					
GPIO#	NAME			NAME	GPIO#
	3.3 VDC Power	1		5.0 VDC Power	2
8	GPIO 8 SDA1 (I2C)	3		5.0 VDC Power	4
9	GPIO 9 SCL1 (I2C)	5		Ground	6
7	GPIO 7 GPCLK0	7		GPIO 15 Tx0 (UART)	15
	Ground	9		GPIO 16 Rx0 (UART)	16
0	GPIO 0	11		GPIO 1 PCM_CLK/PWM0	1
2	GPIO 2	13		Ground	2
3	GPIO 3	15		GPIO 4	4
	3.3 VDC Power	17		GPIO 5	5
12	GPIO 12 MOSI (SPI)	19		Ground	6
13	GPIO 13 MISO (SPI)	21		GPIO 6	10
14	GPIO 14 SCLK (SPI)	23		GPIO 10 CE0 (SPI)	11
	Ground	25		GPIO 11 CE1 (SPI)	31
30	SDA0 (I2C ID EEPROM)	27		SCL0 (I2C ID EEPROM)	
21	GPIO 21 GPCLK1	29		Ground	26
22	GPIO 22 GPCLK2	31		GPIO 26 PWM0	
23	GPIO 23 PWM1	33		Ground	27
24	GPIO 24 PCM_FS/PWM1	35		GPIO 27	28
25	GPIO 25	37		GPIO 28 PCM_DIN	29
	Ground	39		GPIO 29 PCM_OUT	

Anexo 2 - Esquema de pinos do Raspberry Pi Zero