

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

RAFAEL OLSZEWSKI

PREVISÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL
CONSIDERANDO A OCUPAÇÃO DA INSTALAÇÃO

CURITIBA
2018

RAFAEL OLSZEWSKI

**PREVISÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL
CONSIDERANDO A OCUPAÇÃO DA INSTALAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Engenharia Elétrica, Área de
Concentração Sistemas de Energia, Setor
de Tecnologia, Universidade Federal do
Paraná, como requisito parcial à obtenção
do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Rasi Aoki
Coorientador: M.Sc. Luciano Cavalcante
Siebert

CURITIBA

2018

RAFAEL OLSZEWSKI

**PREVISÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL
CONSIDERANDO A OCUPAÇÃO DA INSTALAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Engenharia Elétrica da Universidade
Federal do Paraná, como requisito parcial
à obtenção do título de Engenheiro
Eletricista.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Alexandre Rasi Aoki
Departamento de Engenharia Elétrica, UFPR

Prof. Dr. Evelio Martín García Fernández
Departamento de Engenharia Elétrica, UFPR

Prof. M.Sc. Carlos Alexandre Gouvea da Silva
Departamento de Engenharia Elétrica, UFPR

Curitiba, 26 de junho de 2018.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Vicente e Sueli, por fazerem de tudo para que eu pudesse aproveitar as oportunidades, dando ótima educação e tranquilidade para eu exercer as atividades necessárias.

À minha namorada, Thatiane, pela paciência e ajuda nos momentos difíceis, pelo amor.

Aos meus irmãos Angela e Giovani, pelo exemplo dado por eles.

Aos meus amigos mais próximos, que não fizeram o caminho se tornar menos tortuoso, mas que estiveram juntos neste caminho e tornaram a caminhada mais fácil.

Aos professores do Departamento de Engenharia Elétrica, pelo conhecimento transmitido, e em especial ao Prof. Dr. Alexandre Rasi Aoki por todo o apoio prestado durante a execução deste trabalho.

Ao Luciano, coorientador deste trabalho, pela ajuda em temas de interesse.

Aos Institutos LACTEC, pelo fornecimento do equipamento de análise de qualidade de energia, indispensável a este trabalho.

RESUMO

Sistemas de energia elétrica devem ter suas operações confiáveis e buscar a melhor eficiência energética de modo a garantir economias para as companhias elétricas e um serviço de qualidade à população. A literatura aponta que o setor residencial é responsável por aproximadamente 25% do consumo de energia elétrica mundial, indicando ainda que este consumo pode ter seus valores reduzidos em até 30% com a implementação de boas práticas no consumo. Este trabalho propõe a utilização de uma tecnologia capaz de identificar a presença e a quantidade de pessoas em um determinado local através de mensagens Wi-Fi enviadas pelos seus *smartphones*. Este Sensor Wi-Fi foi instalado em uma residência que teve seu consumo de energia elétrica analisado por um medidor de qualidade de energia elétrica MARH-21. Foram realizadas análises estatísticas nos dados adquiridos pelo analisador de energia e pelo Sensor Wi-Fi de modo a encontrar uma relação entre a presença e a quantidade de pessoas apontada pelo sensor e o consumo de energia elétrica. Com estas análises, partiu-se para a previsão do consumo de energia elétrica da residência a partir de redes neurais artificiais, ora incluindo a informação do número de pessoas, ora não incluindo. Concluiu-se que a inserção do dado que indica a presença das pessoas ajudou a rede neural artificial a prever valores mais próximos aos valores medidos pelo analisador de energia. Com isto, abre-se a oportunidade para a utilização da metodologia proposta em maior escala em um cenário futuro de redes elétricas inteligentes, a fim de fornecer informações que ajudem na previsão de carga pelas companhias elétricas.

Palavras-chave: Wi-Fi Tracking. Presença de pessoas. Ocupação. Previsão do consumo.

ABSTRACT

Power systems must have their operations reliable and seek the best energy efficiency in order to guarantee savings for utility companies and a quality service to the population. The literature indicates that the residential sector is responsible for approximately 25% of the world's electricity consumption. It also indicates that this consumption can be reduced by up to 30% with the implementation of good practices in consumption. This study proposes the use of a technology capable of identifying the presence and the amount of people in a certain place through Wi-Fi messages sent by their smartphones. This Wi-Fi Sensor was installed in a residence that had its electrical consumption analyzed by the power quality analyzer MARH-21. Statistical analyzes were performed on the data acquired by the power analyzer and Wi-Fi Sensor in order to find a relationship between the presence and number of people pointed by the sensor and the consumption of electricity. With these analyzes, starts the prediction of the energy consumption of the residence from artificial neural networks, including or not the information of the number of people. It was concluded that the insertion of data indicating the presence of people helped the artificial neural network to predict values closer to the values measured by the power analyzer. This opens up the opportunity for the use of the proposed methodology on a larger scale in a future scenario of smart grids in order to provide information that helps in the forecasting of load by electric companies.

Key-words: Wi-Fi Tracking. People presence. Occupancy. Energy consumption prediction.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - CURVAS DE CARGA DE 2016 E 2017 DO SIN.....	13
FIGURA 2 - CARGA DIÁRIA DE ABRIL DE 2018 DO SUBSISTEMA SUL	14
FIGURA 3 - RESUMO OPERACIONAL DO SISTEMA DE WI-FI TRACKING	18
FIGURA 4 - COMPARAÇÃO ENTRE QUANTIDADE DE PESSOAS PELO SISTEMA PROBR E POR OBSERVAÇÕES	19
FIGURA 5 - DIAGRAMAS DE DISPERSÃO DE DOIS CONJUNTOS DE DADOS...22	
FIGURA 6 - EXEMPLO DE SÉRIE TEMPORAL E SEU CORRELOGRAMA	23
FIGURA 7 - EXEMPLO DE CORRELOGRAMA REPRESENTANDO UMA SÉRIE TEMPORAL COM CORRELAÇÃO DE CURTO PRAZO	24
FIGURA 8 - SÉRIE TEMPORAL COM SAZONALIDADE A CADA OBSERVAÇÃO E SEU CORRELOGRAMA	24
FIGURA 9 - ESQUEMA DE UM NEURÔNIO	26
FIGURA 10 - ESQUEMA DE UM NEURÔNIO QUANDO RECEBE MAIS DE UMA ENTRADA	26
FIGURA 11 - ESQUEMA DE UMA CAMADA DE NEURÔNIOS	27
FIGURA 12 - ESTRUTURA DE UMA REDE NEURAL ARTIFICIAL	27
FIGURA 13 - ARQUITETURA DE UMA RNA NO MODELO NARX.....	28
FIGURA 14 - CONSUMO DE ENERGIA GLOBAL (MTOE) POR REGIÕES	30
FIGURA 15 - EVOLUÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO DOS PRÉDIOS RELATIVO À 1994	32
FIGURA 16 - PROCESSO DE CIÊNCIA DOS DADOS	34
FIGURA 17 - RELAÇÃO ENTRE OCUPAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM DOIS PRÉDIOS DO MIT	35
FIGURA 18 - PREVISÃO DO CONSUMO DE ENERGIA E OCUPAÇÃO PARA O DIA SEGUINTE AOS DADOS A PARTIR DE DOIS COMPORTAMENTOS DE OCUPAÇÃO DA INSTALAÇÃO.	36
FIGURA 19 - CONSUMO DE ENERGIA E OCUPAÇÃO DE UMA SALA DA UNIVERSIDADE	36
FIGURA 20 - ILUMINÂNCIA E OCUPAÇÃO DE UMA SALA DA UNIVERSIDADE EM QUESTÃO.....	37
FIGURA 21 - IMAGEM DO ROTEADOR UTILIZADO COMO SENSOR WI-FI	38
FIGURA 22 - ANALISADOR DE ENERGIA MARH-21	39

FIGURA 23 - RNAS DISPONÍVEIS PARA PREVISÃO DE SÉRIES TEMPORAIS...	41
FIGURA 24 - PLANTA SIMPLIFICADA DA RESIDÊNCIA EM ESTUDO	42
FIGURA 25 - ESQUEMÁTICO DE LIGAÇÃO DO MARH-21 EM SISTEMAS TRIFÁSICOS E COM NEUTRO	43
FIGURA 26 - FOTOGRAFIA DO LOCAL DE INSTALAÇÃO DO ANALISADOR DE ENERGIA	43
FIGURA 27 - PRIMEIROS DADOS CAPTURADOS PELO SENSOR	44
FIGURA 28 - EXEMPLO DE RELAÇÃO ENTRE POTÊNCIA DO SINAL E DISTÂNCIA ENTRE EQUIPAMENTOS	44
FIGURA 29 - CONJUNTO DE DADOS DO DIA 5 DE ABRIL.....	46
FIGURA 30 - ESCOLHA DOS DADOS DE ENTRADA E OBJETIVOS DA REDE NEURAL ARTIFICIAL	49
FIGURA 31 - ETAPA DE ESCOLHA DA PORÇÃO DOS DADOS PARA TREINAR, VALIDAR E TESTAR A RNA.....	49
FIGURA 32 - ETAPA DE ESCOLHA DA CONFIGURAÇÃO DA REDE.....	50
FIGURA 33 - VISÃO GERAL DOS DADOS MEDIDOS - PRIMEIROS CINCO DIAS	51
FIGURA 34 - VISÃO GERAL DOS DADOS MEDIDOS - ÚLTIMOS CINCO DIAS....	52
FIGURA 35 - DIAGRAMA DE DISPERSÃO DE TODOS OS DADOS DOS SETE PRIMEIROS DIAS.....	52
FIGURA 36 - DIAGRAMAS DE DISPERSÃO DOS SETE PRIMEIROS DIAS SEPARADOS POR PERÍODO.....	53
FIGURA 37 - AUTOCORRELAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA 20 PERÍODOS A FRENTE.....	54
FIGURA 38 - ESQUEMÁTICO DA RNA UTILIZADA	55
FIGURA 39 - COMPARAÇÃO ENTRE W MEDIDO, W PREVISTO COM PESSOAS E W PREVISTO SEM PESSOAS PARA MELHOR MAPE DE CADA CASO	56
FIGURA 40 - ERRO DE CADA MEDIDA PREVISTA DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA O PERÍODO DE TESTE DA REDE NEURAL ARTIFICIAL.....	57

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CARGA HORÁRIA DO DIA 14/05/2018 DOS SUBSISTEMASSUDESTE/CENTRO-OESTE E SUL	13
TABELA 2 - CONTAGEM DE PESSOAS A CADA 15 MINUTOS PARA O DIA 5 DE ABRIL ENTRE 8:00 E 11:00.....	46
TABELA 3 - CONTAGEM DE PESSOAS A CADA 15 MINUTOS PARA O DIA 5 DE ABRIL ENTRE 19:00 E 22:00.....	47
TABELA 4 - PARTE DOS DADOS NO CSV UTILIZADO PARA TREINAMENTO, DO DIA 5 DE ABRIL	48
TABELA 5 - TESTES DAS CONFIGURAÇÕES DE RNAS PARA 9 ATRASOS UTILIZANDO O NÚMERO DE PESSOAS	55
TABELA 6 - RESULTADO DAS RNAS TREINADAS SEM UTILIZAR O NÚMERO DE PESSOAS COM A CONFIGURAÇÃO ESCOLHIDA DE 50 NEURÔNIOS E NOVE ATRASOS	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BEN	Balanço Energético Nacional
CSV	<i>Comma-separated Values</i>
dBm	Decibel miliwatt
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EWA	Everywhere Analytics
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
MAPE	<i>Mean Absolute Percentage Error</i>
min	Minutos
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
QDG	Quadro de Distribuição Geral
SIN	Sistema Interligado Nacional
SQL	<i>Structured Query Language</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	15
1.1.1	Objetivo Geral	15
1.1.2	Objetivos específicos	15
1.2	JUSTIFICATIVA.....	16
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO.....	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	WI-FI TRACKING	18
2.2	ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	20
2.3	REGRESSÃO LINEAR E CORRELAÇÃO.....	21
2.4	AUTOCORRELAÇÃO.....	22
2.5	ERRO PERCENTUAL ABSOLUTO MÉDIO (MAPE).....	25
2.6	REDES NEURAIS ARTIFICIAIS.....	25
2.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	29
3	REVISÃO DA LITERATURA	30
3.1	CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	30
3.2	MÉTODOS PARA GERENCIAMENTO DO CONSUMO	32
3.3	RELAÇÃO ENTRE OCUPAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA ..	34
3.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	37
4	MATERIAIS E MÉTODOS	38
4.1	MATERIAIS	38
4.1.1	Sensor Wi-Fi.....	38
4.1.2	Analisador de Energia Elétrica.....	39
4.1.3	MySQL Workbench.....	40
4.1.4	RStudio	40
4.1.5	Neural Network Toolbox – MATLAB	40
4.2	MÉTODOS	41
4.2.1	Instalação do Sensor Wi-Fi.....	41
4.2.2	Instalação do Analisador de Energia.....	42
4.2.3	Processamento dos Dados do Sensor Wi-Fi	43
4.2.4	Análises Estatísticas dos Dados.....	47
4.2.5	Treinamento das Redes Neurais Artificiais.....	48

5	ANÁLISE DE RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
5.1	VISÃO GERAL DOS DADOS MEDIDOS	51
5.2	REGRESSÃO LINEAR DOS DADOS MEDIDOS	52
5.3	AUTOCORRELAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	53
5.4	PREVISÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE RNA	54
5.4.1	Previsão do Consumo Utilizando o Número de Pessoas	55
5.4.2	Previsão do Consumo Sem Utilizar o Número de Pessoas	55
5.4.3	Visualização das Previsões	56
6	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	58
	REFERÊNCIAS.....	59
	APÊNDICE 1 – VALORES MEDIDOS.....	62

1 INTRODUÇÃO

Com a crescente necessidade de diminuir o consumo global de energia elétrica, soluções vêm sendo adotadas há vários anos a fim de satisfazer este dever. Estas soluções estão concentradas na criação de produtos mais econômicos e na conscientização da população quanto àquele consumo. Além disso, há uma grande busca baseada na utilização de outras fontes de energia a fim de suprir a demanda com uma melhor eficiência.

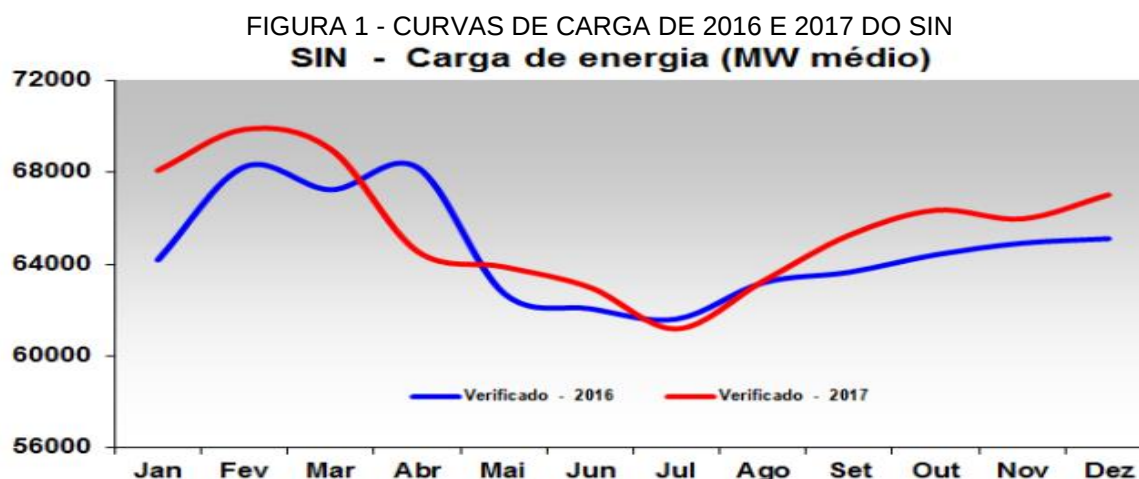
Neste sentido, o estudo de como, onde e quando a energia elétrica é consumida se torna imprescindível. O BEN – Balanço Energético Nacional, produzido pela EPE – Empresa de Pesquisa Energética, é um dos estudos que buscam dar estas informações. O Balanço provê informações relevantes das fontes de energia utilizadas no Brasil, assim como detalhes do consumo por setor (energético, residencial, comercial, público, agropecuário, transportes e industrial).

Além da EPE, o ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico – também aponta informações pertinentes quanto ao consumo de energia elétrica, fornecendo dados da carga demandada pelo Sistema Interligado Nacional (SIN) através de boletins diários e mensais de operação a serem exemplificados adiante.

Uma das informações presente nestes boletins é a curva de carga mensal. A FIGURA 1, do Boletim Mensal de Carga de dezembro de 2017, apresenta a curva de carga do ano de 2017 e de 2016, sendo através dela possível realizar comparações e, com o histórico de dados dos anos anteriores, prever como será a demanda por energia a longo prazo, de modo a orientar alterações na geração e transmissão da energia elétrica.

Além de dados consolidados por mês, há também dados detalhados dos consumos por dia e por hora de cada subsistema do SIN, que mostra o grau de detalhe temporal que se pode ter em relação à demanda de energia elétrica no país. A TABELA 1 e a FIGURA 2 são exemplos de informações disponibilizadas pelo ONS.

A TABELA 1 mostra os dados de potência média de cada hora demandada pelos subsistemas Sudeste/Centro-Oeste e Sul no dia 14 de maio de 2018. Nota-se que há, inclusive, a informação da potência média prevista para cada horário naquele dia. O ONS provê estas informações diariamente e de todos os subsistemas do SIN.



FONTE: ONS (2018)

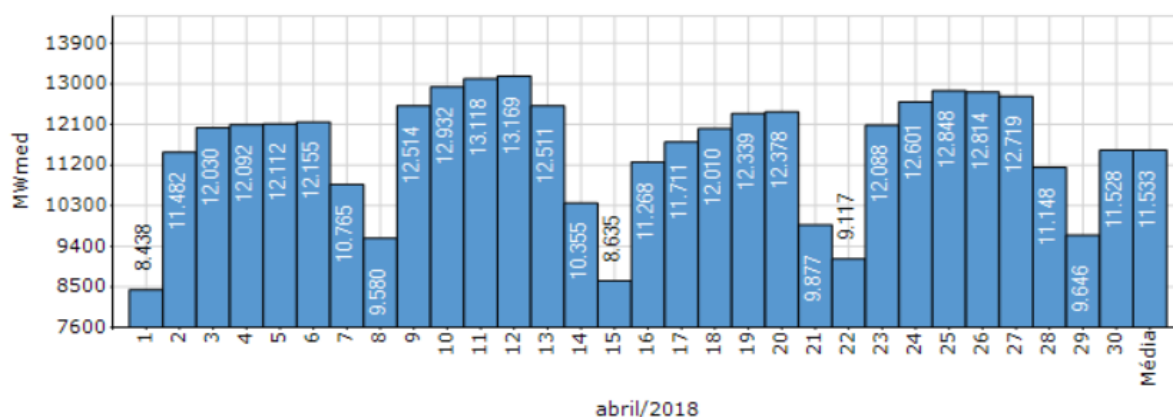
TABELA 1 - CARGA HORÁRIA DO DIA 14/05/2018 DOS SUBSISTEMAS SUDESTE/CENTRO-OESTE E SUL

Sul						
Subsistema	Sudeste/Centro-Oeste			Sul		
Hora	Previsto MWh/h	Verificado MWh/h	Desvio %	Previsto MWh/h	Verificado MWh/h	Desvio %
1	29.499,50	29.271,83	-0,77	8.393,00	8.298,60	-1,12
2	28.123,00	27.800,45	-1,15	8.015,00	8.028,53	0,17
3	27.330,00	26.996,94	-1,22	7.835,00	7.908,14	0,93
4	27.164,00	26.808,80	-1,31	7.774,50	7.889,54	1,48
5	27.609,50	27.228,39	-1,38	7.885,00	8.075,36	2,41
6	29.205,50	29.133,43	-0,25	8.462,00	8.649,64	2,22
7	31.714,00	31.640,35	-0,23	9.640,50	9.803,81	1,69
8	33.359,50	33.303,04	-0,17	10.677,50	10.817,33	1,31
9	36.004,50	36.155,23	0,42	11.866,50	11.884,92	0,16
10	38.089,00	37.957,61	-0,34	12.389,50	12.337,11	-0,42
11	39.608,00	39.529,17	-0,20	12.907,50	12.863,28	-0,34
12	40.077,50	40.122,76	0,11	13.090,50	13.024,75	-0,50
13	39.321,50	39.342,18	0,05	11.949,50	12.017,52	0,57
14	40.032,00	40.089,04	0,14	12.722,50	12.553,09	-1,33
15	40.633,50	40.648,31	0,04	13.236,50	12.943,23	-2,22
16	40.742,00	40.788,57	0,11	13.296,00	12.923,09	-2,80
17	40.474,50	40.614,47	0,35	13.251,50	12.997,55	-1,92
18	39.668,00	40.233,21	1,42	12.820,00	12.785,85	-0,27
19	41.685,50	42.463,00	1,87	13.135,50	13.361,50	1,72
20	40.605,00	41.513,89	2,24	12.747,50	12.863,86	0,91
21	40.229,00	41.094,60	2,15	12.195,50	12.276,00	0,66
22	39.679,50	40.581,50	2,27	12.022,00	12.145,29	1,03
23	37.846,50	38.398,50	1,46	11.510,00	11.550,82	0,35
24	35.547,00	35.160,89	-1,09	10.542,50	10.495,30	-0,45

FONTE: ONS (2018).

Na FIGURA 2 há outro tipo de informação oferecida nos boletins do Operador Nacional do Sistema Elétrico. A carga diária oferece *insights* mais detalhados que o mensal, podendo ser notada claramente a diferença causada pela variação dos dias da semana. Novamente, estas informações são dispostas pelo ONS todos os dias através de seu Boletim Diário de Carga.

FIGURA 2 - CARGA DIÁRIA DE ABRIL DE 2018 DO SUBSISTEMA SUL



FONTE: ONS (2018).

Apesar destes dados garantirem uma ótima previsão do consumo de energia elétrica no país e nas suas regiões, isto se limita ao entendimento do quanto de energia uma grande porção de pessoas irá demandar, mesmo que se obtenha dados mais detalhados de cada subestação presente no país.

Nota-se, com as informações apresentadas, que apesar de já estarem disponíveis um grande volume de dados em relação ao consumo, há a necessidade e oportunidade de outros tipos de estudos relacionados a este tema, visando otimizar o consumo da eletricidade.

De acordo com o BEN de 2017, o setor residencial consumiu 25,6% da energia elétrica do país em 2016. Ainda, o Balanço aponta um aumento de 1,4% no consumo entre 2015 e 2016 neste setor. A demanda geral do setor residencial e a sua porção de consumo em relação aos outros setores costuma ter acréscimos ao longo dos anos. Além do mais, o BEN de 2017 indica que o setor comercial também vem apresentando uma considerável taxa de crescimento, chegando a representar 17,2% do consumo em 2016.

Observa-se que medidas adotadas que possam impactar em uma economia de energia nestes dois setores impactarão, por tanto, em uma grande parcela do consumo global de eletricidade.

O setor residencial possui um modelo de consumo de energia elétrica muito mais difícil de se analisar que o setor industrial, por exemplo. Isto se dá por razões como a grande variedade de estruturas e modo comportamental dos ocupantes, assim como coletar alguns dados para melhor modelagem poderia ser bastante intrusivo, acarretando problemas de privacidade (SWAN; UGURSAL, 2008). Para

complementar, Pérez-Lombard, Ortiz e Pout (2008) enfatizam que faltam estudos para entender as mudanças que afetam o consumo de energia elétrica no setor residencial.

Siebert et al. (2017) propõem uma análise de como o comportamento humano interfere o consumo de energia elétrica, levando em consideração que o principal consumidor no sistema elétrico é o residencial. Neste estudo, simulam, entre outras coisas, como o desejo de investir em novas tecnologias mudaria o consumo energético.

Ainda, Molina-Solina et al. (2016) enfatizam que a análise de dados que busca como resultado a redução no consumo de energia elétrica possui uma grande importância, visto que a identificação de padrões de consumo faria economizar dinheiro e reduzir a emissão de contaminantes presentes na geração de energia elétrica.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho será analisar a relação entre a quantidade e presença de pessoas na instalação e a previsão de seu consumo de energia elétrica visando uma aplicação da metodologia em um ambiente de redes elétricas inteligentes, através de dados adquiridos por um Sensor Wi-Fi e também por um analisador de energia elétrica, detalhados no item Materiais e Métodos.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Analisar os dados processados pelo Sensor Wi-Fi;
- b) Analisar os dados processados pelo analisador de qualidade de energia elétrica;
- c) Avaliar o quanto impacta a informação da quantidade de pessoas na casa na previsão do consumo de energia elétrica;
- d) Avaliar a possibilidade da utilização da tecnologia empregada em uma maior escala em um ambiente de redes elétricas inteligentes.

1.2 JUSTIFICATIVA

É visto que o entendimento do comportamento dos ocupantes de uma residência familiar, utilizando dados coletados sobre este comportamento, acaba se tornando fundamental para que se possa projetar um sistema de baixo consumo de energia elétrica nesta residência. Estudos mostram que o consumo de energia elétrica de uma residência varia muito com o comportamento daqueles que a ocupam, e isso é um fenômeno que ultrapassa limites geográficos (HONG et al., 2016).

Santin et al. (2009) reafirma que o comportamento das pessoas representa uma grande parcela na variação do consumo de energia elétrica, e enfatiza que o quanto ele representa ainda é desconhecido, fazendo-se necessários estudos nesta área.

Sendo assim, este trabalho apresentará, quantitativamente, a relação entre a quantidade de pessoas em uma residência familiar e o consumo de energia elétrica nesta residência. Com isso será possível dar embasamento a estudos que utilizam o comportamento do ser humano como entrada para a previsão do quanto de energia elétrica será consumido em grandes cidades.

A bibliografia deixa claro que o setor residencial representa uma grande fatia no consumo global de energia elétrica, portanto, um estudo que ajude a definir o modelo de consumo de ocupantes de residências ajudaria a entender esta fatia do consumo global.

Além do mais, será validada uma metodologia de medição do número de pessoas em determinado local através de seus *smartphones*, abrindo possibilidades da utilização desta metodologia para aplicação em um maior número de residências ou comércios, visando um cenário futuro de redes elétricas inteligentes onde a presença desta tecnologia ajude na previsão de carga de energia elétrica.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Este trabalho está dividido em seis capítulos:

1. A Introdução aborda, de forma sintética, o contexto do tema desta pesquisa, mostrando os objetivos e justificativas do trabalho, assim como esta estrutura;
2. A Fundamentação Teórica dá a base da teoria envolvida na sequência do trabalho. Explica-se a tecnologia de *Wi-Fi Tracking* e da análise do

consumo de energia. Além disso, mostra-se a base das análises estatísticas e computacionais a serem utilizadas;

3. A Revisão da Literatura contextualiza a fundo o tema do trabalho, mostrando trabalhos com algumas semelhanças a este, de modo que indicam o caminho a ser seguido nesta pesquisa;
4. O capítulo Materiais e Métodos explica quais são os materiais e *softwares* utilizados no trabalho, assim como a metodologia proposta para as suas utilizações de modo a chegar no objetivo proposto;
5. No capítulo Análise de Resultados e Discussão são mostrados os resultados que foram adquiridos através da metodologia proposta no capítulo 4;
6. Finalmente, o capítulo Conclusões e Trabalhos Futuros sintetiza os resultados de forma a responder se o objetivo foi alcançado, concluindo com possíveis aplicações futuras para continuidade da pesquisa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

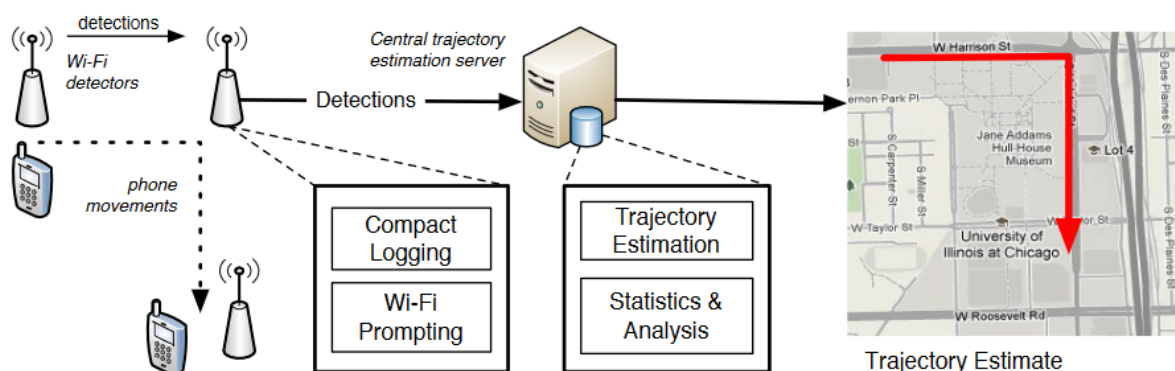
2.1 WI-FI TRACKING

Musa e Eriksson (2012) descrevem um sistema capaz de captar de forma passiva as informações de um *smartphone* que esteja com as suas configurações de Wi-Fi ativadas. Eles mostram que um *smartphone* transmite mensagens Wi-Fi periodicamente mesmo que ele não esteja conectado a alguma rede. Para a captação destas mensagens, o sistema proposto aproveita equipamentos comuns e disponíveis no mercado, que já são utilizados como pontos de acesso sem-fio às redes de Internet.

As mensagens enviadas por estes *smartphones* contêm os seus endereços MAC, que são um identificador único de cada equipamento. Portanto, com o sistema descrito por Musa e Eriksson (2012) é possível rastrear passivamente a mobilidade das pessoas ao inserir os equipamentos em pontos estratégicos para este fim. Os autores apontam que as transmissões Wi-Fi de um celular podem chegar a 300 metros de distância, mas também pode chegar a apenas 20 metros dependendo de perdas e sombreamento.

A FIGURA 3 exemplifica a operação do sistema. Tendo três equipamentos capazes de adquirir os dados enviados pelos *smartphones* em diferentes localizações, é possível saber se um mesmo celular passou pelos equipamentos e os horários das passagens, visto que o endereço MAC é único. Aplicando análises estatísticas nos dados coletados chega-se em uma provável trajetória da pessoa que carrega o *smartphone*.

FIGURA 3 - RESUMO OPERACIONAL DO SISTEMA DE WI-FI TRACKING

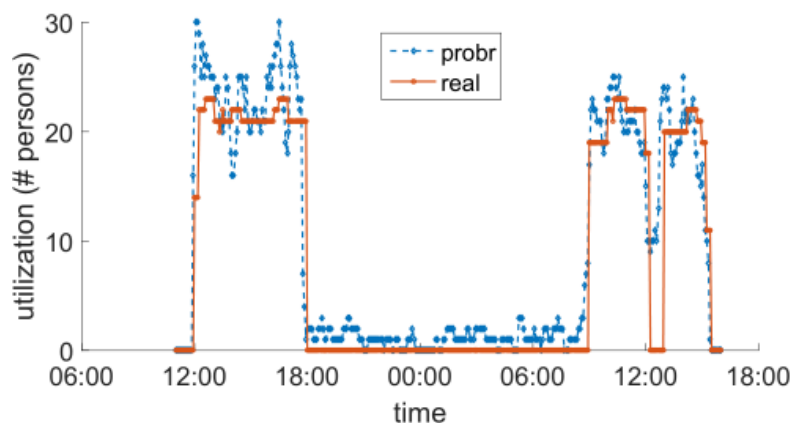


FONTE: Musa e Eriksson (2012).

Os autores deste trabalho apontam que, em sete equipamentos dispostos em uma rua e separados por uma distância de 400 metros cada, 50% do total de *smartphones* detectados foram identificados por todos os sete equipamentos. Analisando a distribuição das detecções, concluíram que um equipamento instalado em uma rua consegue identificar, em média, 68% dos celulares que passam por perto dele. Isto se dá ao fato de diferentes modelos enviarem mensagens em diferentes frequências.

Scheuner et al. (2016), em seu trabalho, mostram um estudo de caso que demonstram a possibilidade de estimar a quantidade e de pessoas dentro de uma sala usando um sistema semelhante ao proposto por Musa e Eriksson (2012), chamando este seu novo sistema de Probr. O estudo foi feito em uma sala de reunião da Universidade de Zurique durante um dia e meio, e o resultado é apresentado na FIGURA 4.

FIGURA 4 - COMPARAÇÃO ENTRE QUANTIDADE DE PESSOAS PELO SISTEMA PROBR E POR OBSERVAÇÕES



FONTE: Scheuner et al. (2016).

A quantidade real de pessoas foi definida pelas observações de pesquisadores feitas de 15 em 15 minutos. A presença de equipamentos detectados mesmo quando não há pessoas na sala se deve ao fato de não ser apenas *smartphones* que enviam as mensagens Wi-Fi, mas todo equipamento que possui esta tecnologia, como roteadores, impressoras e computadores. Quando a sala está ocupada, a variação se dá tanto por algumas pessoas possuírem celulares e *laptops*, como pela falta de envio das mensagens Wi-Fi durante um longo período, fazendo com que o número possa apresentar variações acima ou abaixo no número real.

2.2 ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Ferreira (2008) aponta que um sistema de energia deve ter uma operação e planejamento confiáveis, para tanto, há a extrema necessidade de que a previsão de carga seja feita da maneira excelente. O autor comenta que uma previsão de carga em um horizonte de curto prazo contempla as previsões realizadas para intervalos que variam de minutos a um mês adiante. Ainda, ele afirma que a previsão de curto prazo é importante do ponto de vista técnico da operação e também econômico. Com o crescimento da competição mundial entre empresas de energia, a necessidade de operar com maior eficiência aumenta da mesma maneira.

Como Ferreira (2008, p. 3) afirma, “Visto que a previsão de carga em curto prazo está diretamente associada a diversas atividades relacionadas com a operação de sistemas de potência, a precisão de tais previsões está intimamente ligada à redução dos custos operacionais das empresas de energia”.

Na Alemanha, a utilização de medidores inteligentes de energia é requerida por lei desde 2010, sendo que esta requisição impõe desafios econômicos e tecnológicos para as companhias elétricas. Visto a existência deste investimento, estas empresas esperam poder capitalizar através de novos serviços ou economias que a utilização destes equipamentos pode trazer (FLATH et al., 2012).

Kukuca e Chrapciak (2016) notam que a forma de medição da quantidade de energia gerada e consumida tem se mantida praticamente a mesma desde muitos anos atrás. Com a necessidade da integração de fontes de energia nas redes de distribuição para que a eficiência do sistema elétrico se torne maior, a medição inteligente de energia se mostra capaz de prover os dados necessários para que a integração ocorra.

A potência ativa P é definida como a média dos valores instantâneos dos valores de tensão V e corrente I .

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T V * I dt \quad (1)$$

Sendo que em um sistema trifásico a potência ativa é a soma das potências de cada uma das fases. Finalmente, o consumo de energia elétrica usualmente utilizado

para que seja feita a cobrança, atualmente, é uma integralização desta potência durante um período de um mês (KUKUCA; CHRAPCIAK, 2016).

Segundo a NBR-14519, um medidor de energia elétrica é um “instrumento destinado a medir a energia elétrica através da integração da potência em relação ao tempo”. E, ainda, um medidor inteligente deve ser capaz de programar o intervalo de demanda, sendo que os valores típicos são 15 min, 30 min e 60 min.

2.3 REGRESSÃO LINEAR E CORRELAÇÃO

A técnica de Regressão Linear é utilizada para averiguar se existe uma relação entre variáveis através de um modelo, que é uma equação matemática. Além de investigar a existência da relação, esta técnica também é capaz de descrever a relação e prever o valor de uma variável quando se tem conhecimento de outra variável (AMARAL; SILVA; REIS, 2009).

Dados n pares de valores de duas variáveis, X_i , Y_i (com $i = 1, 2, \dots, n$), se admitirmos que Y é função linear de X , podemos estabelecer uma regressão linear simples, cujo modelo estatístico é:

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + u_i \quad (2)$$

Onde α e β são parâmetros, X é a variável explanatória e Y é a variável dependente. (HOFFMAN, 2016, p. 44)

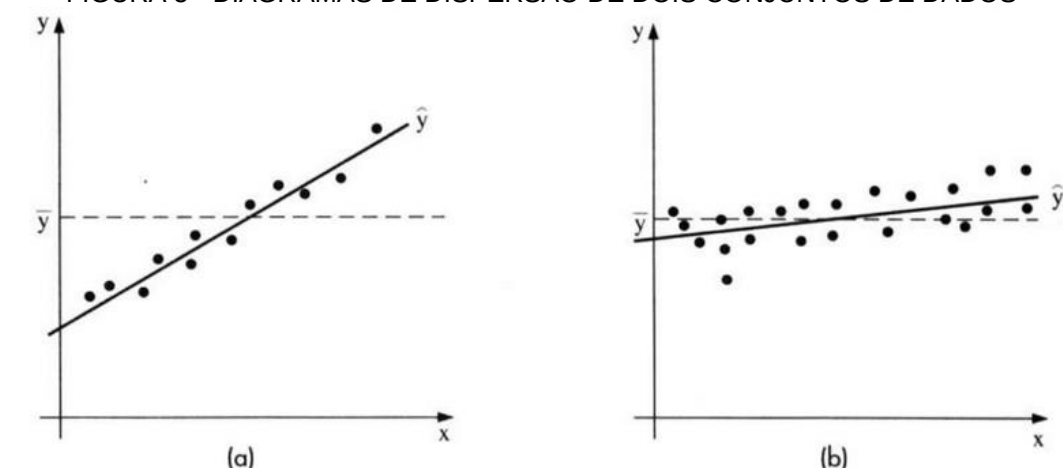
Ainda sobre a equação (2), Hoffman (2016) mostra que o valor de u_i é um erro aleatório. Além disso, nomeia o parâmetro β como Coeficiente de Regressão e o α como Termo Constante da Equação da Regressão.

Correa (2003) afirma que uma forma de visualizar a relação entre duas variáveis é o Diagrama de Dispersão. Este diagrama é um gráfico cartesiano onde o eixo vertical apresenta a variável dependente e o eixo horizontal a variável explanatória.

Deste modo, Bussab e Morettin (2004) exemplifica o diagrama de dispersão apontando duas situações, como mostra a FIGURA 5.

O gráfico de dispersão da FIGURA 5(a) indica que a variável explanatória ajuda a prever a variável dependente, já o da FIGURA 5(b) deixa dúvidas se o modelo de regressão linear proposto é suficiente para dar uma boa aproximação do valor desejado.

FIGURA 5 - DIAGRAMAS DE DISPERSÃO DE DOIS CONJUNTOS DE DADOS



FONTE: Bussab e Morettin (2004).

Hoffman (2016) apresenta o conceito de coeficiente de correlação r para uma amostra de n pares, que indica qual é a relação linear entre as variáveis.

$$r = \frac{\sum x_i y_i}{\sqrt{\sum x_i^2 \sum y_i^2}} \quad (3)$$

O quadrado do coeficiente de correlação é chamado de coeficiente de determinação da regressão linear simples (r^2). Este valor mostra a proporção da variação de Y que é explicada pela variável X . O autor mostra que o coeficiente r^2 apresenta valores de 0 a 1, sendo que quanto maior o seu valor, melhor é o ajuste da regressão linear.

2.4 AUTOCORRELAÇÃO

Ehlers (2009) afirma que um ótimo método para identificar propriedades de séries temporais é a utilização da autocorrelação. Ela consiste em uma série de valores chamados Coeficientes de Autocorrelação Amostral. Diferentemente de um Coeficiente de Correlação Usual, que é obtido através de duas variáveis e que traduz a relação entre estas duas variáveis, a autocorrelação tem como objetivo medir a correlação entre as observações de uma mesma variável, mas que estão em diferentes instantes de tempo.

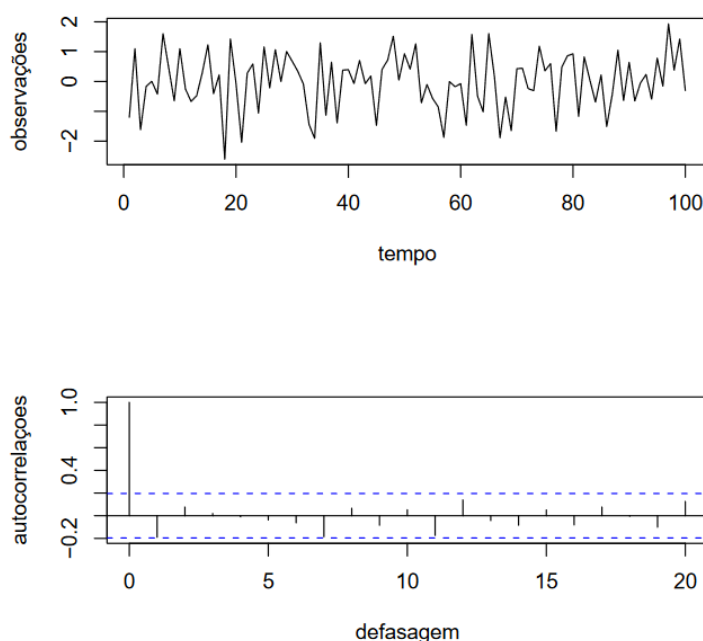
O gráfico que contém os valores dos coeficientes de autocorrelação é chamado de correlograma. Cada série temporal provê um correlograma diferente, com

propriedades diferentes. Ehlers (2009) dá alguns exemplos destas séries e seus respectivos correlogramas, explicando-os.

Primeiramente ele mostra uma série temporal com 100 observações, apresentada na parte de cima da FIGURA 6, e as suas 20 primeiras autocorrelações apresentadas no correlograma da parte de baixo da FIGURA 6. As linhas tracejadas no correlograma indicam os limites do intervalo de confiança, sendo que valores absolutos de autocorrelação superiores às indicações destas linhas indicam que esta autocorrelação é significativamente diferente de zero.

No caso da série da FIGURA 6, seu correlograma indica dois valores acima dos limites de confiança, porém estão em defasagens, a princípio, aleatórias, fazendo com que não seja possível concluir, a partir desta análise, se esta série temporal possui observações independentes uma da outra.

FIGURA 6 - EXEMPLO DE SÉRIE TEMPORAL E SEU CORRELOGRAMA



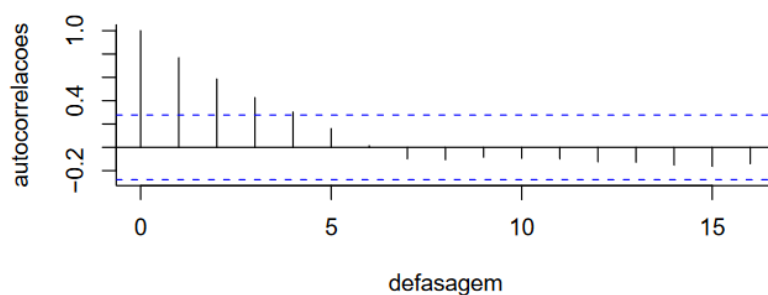
FONTE: Ehlers (2009).

Na continuação de seu trabalho, Ehlers (2009) apresenta mais duas formas de correlogramas. Um correlograma como o apresentado na FIGURA 7, onde há um decaimento relativamente lento entre os coeficientes de autocorrelação, mostra que a série temporal a ele relacionado possui uma correlação de curto prazo. Isto indica que, em uma série com este comportamento, caso haja uma observação acima da média, a próxima observação também terá uma tendência de ser acima da média. O mesmo

comportamento ocorreria caso a observação fosse abaixo da média, fazendo com que a seguinte tenda a, também, ficar abaixo dos outros valores.

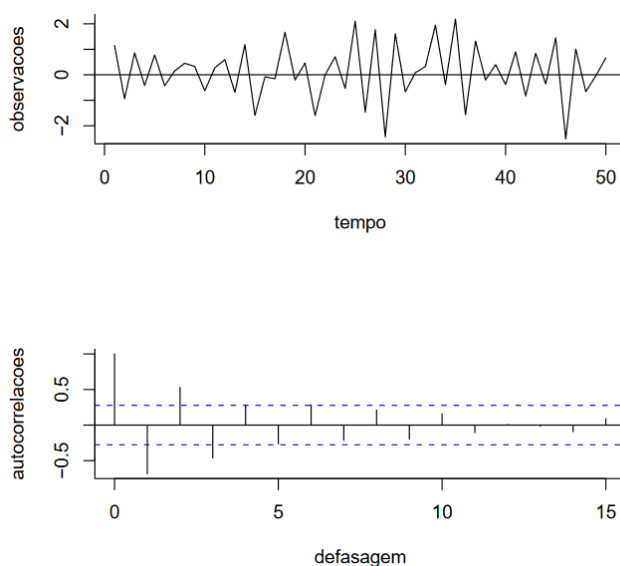
Ehlers (2009) ainda apresenta um outro tipo de comportamento identificado pelo correlograma, que é a sazonalidade da série temporal. A FIGURA 8 mostra um exemplo de correlograma onde a sua série temporal possui uma sazonalidade a cada duas observações. O mesmo autor afirma que um correlograma deve exibir as flutuações sazonais de uma série temporal na mesma frequência. Na FIGURA 8 observa-se uma série temporal que provê o correlograma logo abaixo. Observa-se na série que há a sazonalidade citada e isto é confirmado quando o correlograma é analisado.

FIGURA 7 - EXEMPLO DE CORRELOGRAMA REPRESENTANDO UMA SÉRIE TEMPORAL COM CORRELAÇÃO DE CURTO PRAZO



FONTE: Ehlers (2009).

FIGURA 8 - SÉRIE TEMPORAL COM SAZONALIDADE A CADA OBSERVAÇÃO E SEU CORRELOGRAMA



FONTE: Ehlers (2009).

2.5 ERRO PERCENTUAL ABSOLUTO MÉDIO (MAPE)

Segundo Lewis¹ (1997 apud LOPES, 2002), o MAPE – *Mean Absolute Percentage Error* – é altamente utilizado e recomendado para medições de erro para avaliar previsões.

Após uma previsão, haverá os resultados reais e os resultados previstos, e com o objetivo de mensurar a qualidade da previsão, o MAPE é calculado da seguinte forma: Primeiramente calcula-se o erro percentual PE entre o valor real e o valor previsto de cada uma das medidas.

$$PE_t = \left(\frac{Y_t - F_t}{Y_t} \right) * 100 \quad (4)$$

Sendo:

t : período da medida

Y_t : valor real do período

F_t : valor previsto do período

O MAPE é, então, a média dos valores absolutos dos erros percentuais. Finalmente, Lopes (2012) comenta que o MAPE apresenta um valor que representa o tamanho médio do erro em forma de porcentagem e, por levar em conta o valor absoluto do erro percentual, independe do erro ter um valor positivo ou negativo.

2.6 REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

Redes Neurais Artificiais (RNAs) são sistemas computacionais que imitam a estrutura do cérebro humano, que possui mais de 100 bilhões de neurônios, sendo que cada um deste neurônio está conectado a aproximadamente 100 outros através de ligações chamadas sinapses. A rede formada pela ligação destes neurônios é chamada de rede neural biológica. Assim como o cérebro humano, as RNAs são capazes de interagir com o meio externo e se adaptar às variações, recebendo várias entradas ao mesmo tempo, processando-as e retornando um resultado que varia de acordo com cada uma das entradas. (FINOCCHIO, 2014).

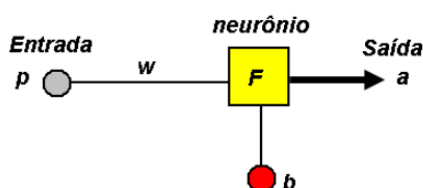
¹ LEWIS, C. D. **Demand Forecasting and Inventory Control**. New York: Wiley, 1997.

Ferreira (2008) diz que as redes neurais artificiais podem ser consideradas como um processador de sinais paralelamente distribuído, sendo que a unidade de processamento destas RNAs é chamada de neurônio. Estes neurônios aprendem sobre determinada tarefa de acordo com os algoritmos de aprendizagem os quais são expostos.

Finocchio (2014) mostra que uma RNA deve ser treinada com dados de entrada e com os dados de saída para aquelas entradas e, uma vez que a rede é caracterizada, ela deverá ser utilizada para prever novas saídas a partir de novos dados de entrada. Assim que novos dados estejam disponíveis, as redes neurais artificiais podem ser retreinadas, a fim de aperfeiçoar o sistema.

É apresentado por Finocchio (2014) uma evolução da explicação de uma rede neural artificial a partir de um neurônio, apresentada a seguir.

FIGURA 9 - ESQUEMA DE UM NEURÔNIO

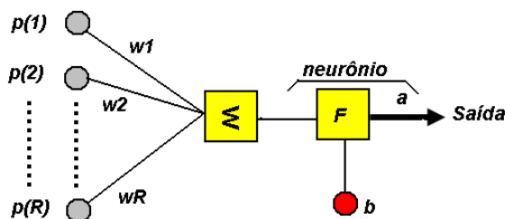


FONTE: Finocchio (2014).

Na FIGURA 9 encontra-se o esquema de um neurônio de uma RNA. Ele recebe uma entrada p e apresenta uma saída a de acordo com um peso w e um termo linear b (do inglês *bias*) caracterizados pela rede. O neurônio contém uma função F que, então, retorna a saída.

Caso um neurônio deva receber informações de mais de uma entrada, estas entradas devem ser combinadas, como indicado na FIGURA 10.

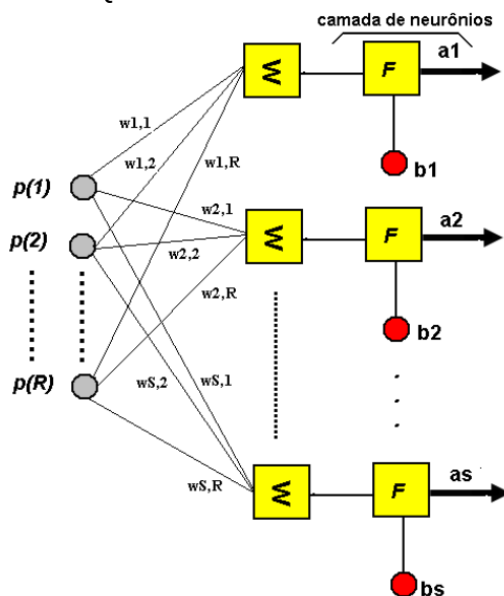
FIGURA 10 - ESQUEMA DE UM NEURÔNIO QUANDO RECEBE MAIS DE UMA ENTRADA



FONTE: Finocchio (2014).

Então, a junção de vários neurônios que recebem as mesmas entradas forma uma camada de neurônios, como mostra a FIGURA 11.

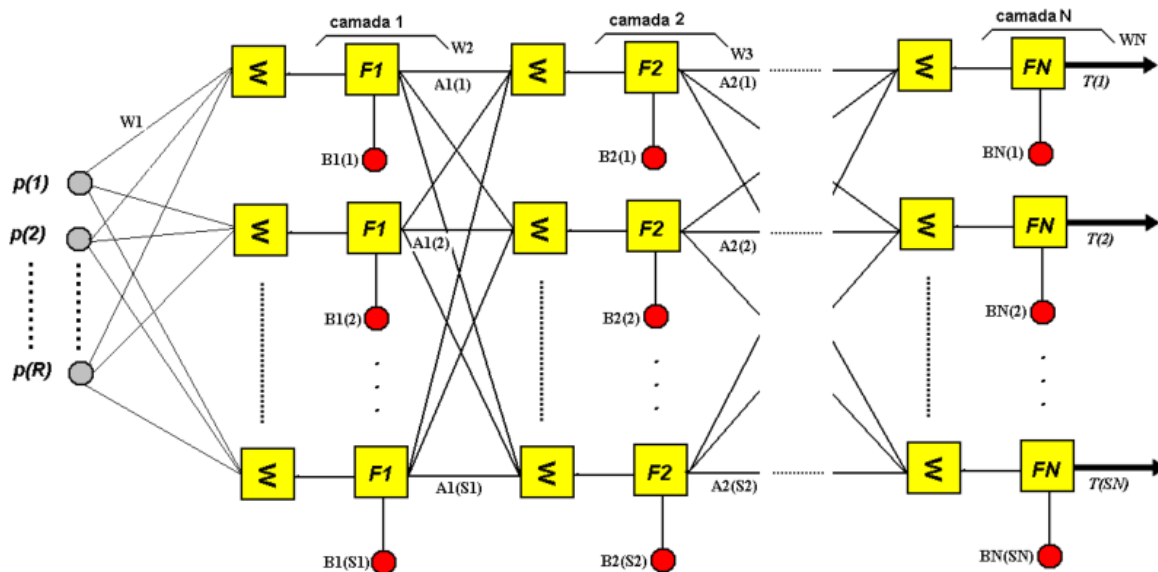
FIGURA 11 - ESQUEMA DE UMA CAMADA DE NEURÔNIOS



FONTE: Finocchio (2014).

Finalmente, Finocchio (2014) apresenta a estrutura de uma RNA com várias entradas, neurônios e camadas.

FIGURA 12 - ESTRUTURA DE UMA REDE NEURAL ARTIFICIAL



FONTE: Finocchio (2014).

Um dos modelos de rede neural artificial para previsão de série temporal é o NARX – *Nonlinear Autoregressive Network with Exogenous Inputs*. É um modelo dinâmico que recebe um valor externo de entrada e é retroalimentado com sua própria saída ou com valores atualizados dos valores reais. (XIE; TANG; LIAO, 2009)

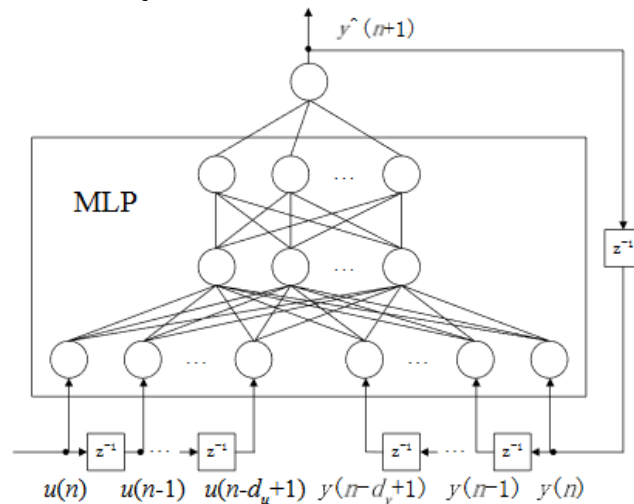
A equação de saída de modelos NARX é a seguinte, sendo y os valores de saída e u os de entrada:

$$y(t) = f\left(y(t-1), y(t-2), \dots, y(t-n_y), u(t-1), u(t-2), \dots, u(t-n_u)\right) \quad (5)$$

Basicamente, a equação 5 indica que a previsão da saída é uma função das últimas n_y saídas e das últimas n_u entradas. A quantidade destas entradas a serem levadas em consideração é chamada de *atraso da função*. Xie, Tang e Liao (2009) apresentam um esquema de como seria a arquitetura de uma rede neural artificial no modelo NARX, apresentado na FIGURA 13.

Para complementar, Ferreira (2008) comenta que as RNAs são capazes de realizar um mapeamento entrada-saída a partir de uma variedade de pares entrada-saída. Estas redes aprendem as dinâmicas entre as variáveis e é capaz de nos fornecer boas previsões a partir de novas entradas.

FIGURA 13 - ARQUITETURA DE UMA RNA NO MODELO NARX



FONTE: Xie, Tang e Liao (2009).

2.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Os conhecimentos apresentados neste capítulo englobam a teoria do que será utilizado neste trabalho. São apresentadas informações e trabalhos anteriores envolvendo a tecnologia de *Wi-Fi Tracking* mostrando sua aplicação de contagem de fluxo de pessoas em ambientes *indoor* e *outdoor*. Ainda, apresenta-se o modo usual de medição do consumo de energia elétrica, mostrando a tendência e a necessidade da evolução desta medição, mostrando o que aponta a norma sobre a frequência da medição do consumo. Estas observações são interessantes a este trabalho de modo que embasam os métodos propostos para contagem de pessoas e consumo de energia elétrica.

A seguir são apresentadas as análises estatísticas a serem aplicadas nos dados adquiridos pela metodologia empregada, de modo que elas ajudem no entendimento destes dados e na definição da arquitetura da rede neural artificial a ser utilizada.

Ao final, de modo a mostrar a forma utilizada para previsão do consumo de energia elétrica, define-se o que é uma RNA e é apresentado um de seus modelos que apresenta ótima aplicação nos tipos de dados utilizados neste estudo.

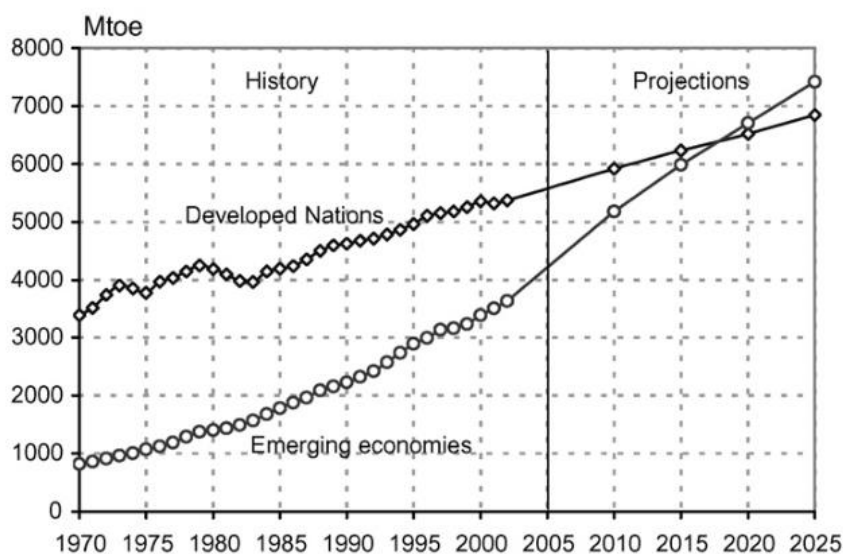
3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Para Martani et al. (2012), visto que a energia consumida pelas cidades representa dois terços da demanda global, existe uma ótima oportunidade de reduzir o consumo geral aplicando métodos que otimizem o quanto residências e comércios consomem desta energia.

Pérez-Lombard, Ortiz e Pout (2008) mostram um gráfico do consumo de energia mundial (em milhões de toneladas do equivalente em óleo – Mtoe) dividido entre as nações desenvolvidas e em desenvolvimento até 2005, com a projeção até 2025. Neste gráfico, apresentado na FIGURA 14, observa-se a tendência do crescimento do consumo da energia, o que inclui a energia elétrica.

FIGURA 14 - CONSUMO DE ENERGIA GLOBAL (MTOE) POR REGIÕES



FONTE: Pérez-Lombard, Ortiz e Pout (2008).

Molina-Solana et al. (2017) detalham ainda mais o número trazido por Martani et al. (2012), mostrando que a IEA (*International Energy Agency*) dá a informação de que 32% da energia total consumida vem de estabelecimentos residenciais e comerciais. Isto posto, eles mostram que a quantidade de dados possíveis de serem analisados, com a tecnologia atualmente disponível, é alta nestes estabelecimentos, possibilitando uma maior análise no que impacta este consumo de energia elétrica dentro das residências.

A implementação de boas práticas em estabelecimentos comerciais pode levar a uma economia de até 30% no consumo de energia elétrica, e o estudo das variáveis relacionadas ao uso desta energia é relevante também para prédios utilizados como escolas ou universidades, onde há uma grande variação de pessoas em um curto período de tempo. (MARTANI et al., 2011)

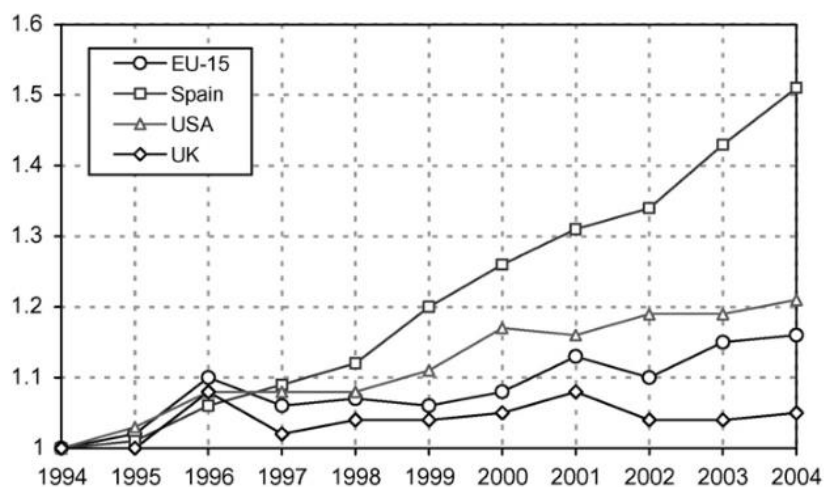
Yohanis et al. (2008) mostram que o consumo de energia elétrica residencial, assim como o comercial, também pode ser reduzido em até 30% através da mudança de comportamento das pessoas que ocupam esta habitação. Ainda, afirmam que a demanda desta energia pode variar de acordo com o horário, dia da semana e mês do ano, consoante com o número de pessoas e seus estilos de vida.

Além do mais, o investimento em novos produtos ou serviços que levam a uma economia de energia está diretamente atrelado à renda dos habitantes. Se a renda for baixa, há a necessidade de que o retorno do capital investido seja rápido. Caso a renda seja suficientemente alta, o investimento pode ser feito a fim de se obter um maior retorno após um tempo maior. Yohanis et al. (2008) apontam, inclusive, que entre 1970 e 2000, o consumo elétrico *per capita* no Reino Unido teve um acréscimo de 18%.

A variação do consumo de energia em instalações na China é alarmante. Wei et al. (2018) mostram que este consumo dobra em apenas duas décadas. Isto é preocupante quando há o fato de que 1/3 da emissão global dos gases de efeito estufa seja causado por causa da demanda de energia dos prédios no mundo todo. No caso destes dados trazidos por Wei et al., considera-se o consumo total de energia, ou seja, não apenas a energia elétrica, mas também a energia gerada pela utilização de gás para aquecimento, por exemplo. Isto posto, eles apontam que a maior utilização da energia, em prédios residenciais e comerciais se dá por aquecimento, ventilação, condicionamento de ar, aquecimento de água, elevadores, eletrodomésticos e iluminação.

O crescimento do consumo de energia por prédios comerciais e residenciais é mostrado também por Pérez-Lombard, Ortiz e Pout (2008), apresentado pela FIGURA 15, a qual expõe a relação entre o consumo deste setor em alguns países e na Europa em 1994 e dos anos subsequentes.

FIGURA 15 - EVOLUÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO DOS PRÉDIOS RELATIVO À 1994



FONTE: Pérez-Lombard, Ortiz e Pout (2008).

3.2 MÉTODOS PARA GERENCIAMENTO DO CONSUMO

Os dados apresentados no item anterior mostram como há um grande problema no gerenciamento do consumo de energia em prédios comerciais e residenciais, o que vai de acordo com a observação de Molina-Solana et al. (2018). Ainda, Siebert et al. (2014) apontam que, devido à carga no lado da demanda não ser controlável e nem ter medidas em uma resolução suficiente, o sistema elétrico tradicional conta apenas com um gerenciamento de acordo com as suas fontes, sendo que o seu controle tenta apenas manter a tensão e frequência dentro de limites aceitáveis, fornecendo a energia demandada pelo sistema.

Molina-Solana et al. (2018) afirmam que, para melhorar a eficiência energética de modo geral, não é suficiente apenas a utilização de fontes mais eficientes para a geração da energia elétrica, mas também a melhoria no gerenciamento do consumo. Para que esta melhora ocorra, é necessário um aperfeiçoamento na infraestrutura do lado de quem demanda a energia. Para isso, os autores apontam que, atualmente, a Ciência dos Dados está sendo utilizada para que seja possível prever o consumo de energia elétrica de prédios residenciais e comerciais a fim de que a sua geração e a transmissão se adapte à demanda, e também para que se analise a condição dos equipamentos utilizados, de modo que estejam em seu melhor estado de funcionamento.

Siebert et al (2014) corroboram com Molina-Solina et al. (2018) quando expõem que a maior utilização de equipamentos relacionados a *smart grids* torna a infraestrutura do sistema elétrico avançada e faz com que seja garantido um maior número de dados para que seja possível entender e prever o consumo de energia elétrica de uma melhor forma. Deste modo, a busca por uma melhor qualidade de energia elétrica se torna mais fácil.

Siebert et al (2014) propuseram metodologias com o objetivo de alterar o horário de maior consumo de energia elétrica em uma residência, a fim de garantir economias em um sistema de cobrança que leva em consideração o horário do consumo. Foram utilizadas tomadas inteligentes em uma residência no Brasil, ora fazendo o controle destas tomadas de modo centralizado, ora de modo descentralizado. A partir disso, mostrou-se que controlando as tomadas da residência de modo centralizado, a mudança no consumo de energia elétrica se aproxima mais da desejada, apesar de necessário um investimento maior devido aos custos da infraestrutura requerida para um acompanhamento centralizado.

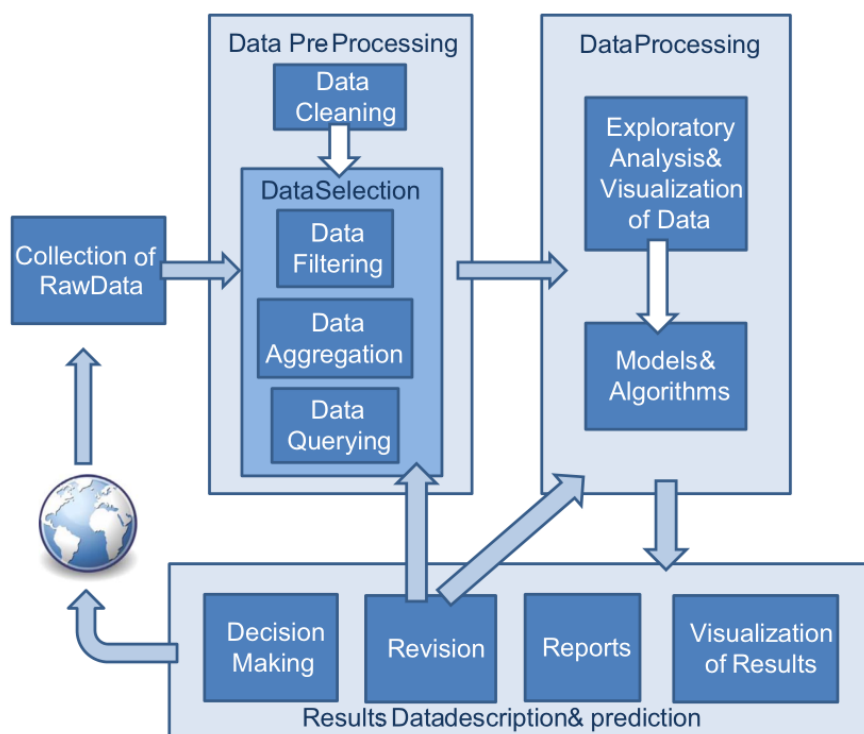
Foi concluído que, apesar da discussão sobre o controle do consumo de energia elétrica pelo lado da demanda existir há pelo menos 25 anos, este controle é possível apenas com a evolução dos sistemas de automatização e dos algoritmos utilizados que buscam este resultado. Isso acontece principalmente quando se trata de consumidores residenciais, visto que é inviável requisitar um grande conhecimento sobre economia e eletricidade. Desta forma, é imprescindível a automatização das ações que tragam um controle efetivo do consumo de energia elétrica (SIEBERT, et al., 2014).

O trabalho desenvolvido por Siebert et al. (2014) é um exemplo da aplicação da Ciência dos Dados a fim de se obter um melhor gerenciamento do consumo de energia elétrica pelo lado da demanda. A seguir, na FIGURA 16, está o processo de Ciência dos Dados apresentado por Molina-Solana et al. (2018).

Siebert et al. (2017), do mesmo modo que Siebert et al. (2014), também propõem a aplicação de Ciência dos Dados para o gerenciamento da energia. Neste trabalho, analisam como o comportamento humano influencia o consumo de energia elétrica de acordo com algumas variáveis, através de simulação computacional. Segundo os autores, uma rede elétrica inteligente se torna complexa, visto que a

interação entre consumidores e geradores da energia elétrica é fortemente não linear em aspectos físicos e sociais.

FIGURA 16 - PROCESSO DE CIÊNCIA DOS DADOS



FONTE: Molina-Solana et al. (2018).

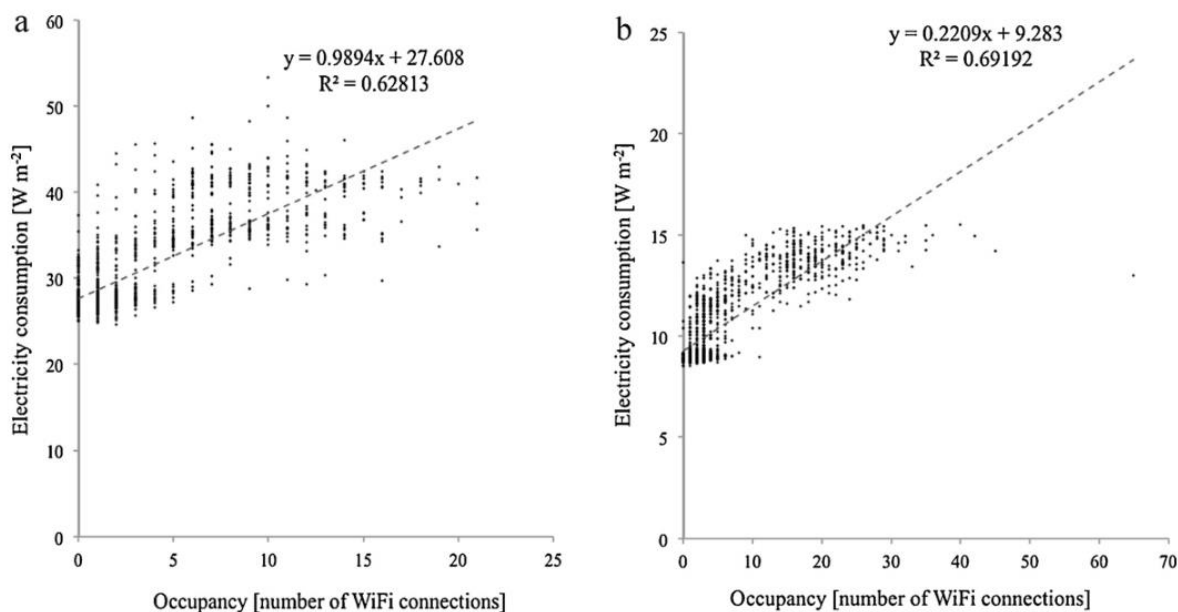
No trabalho desenvolvido por Siebert et al. (2017), as variáveis levadas em consideração a fim de analisar o consumo em relação ao comportamento humano são: variação do preço da eletricidade, disposição a investimentos em novas tecnologias, interações sociais (maior disposição a investimentos caso outros tenham um bom retorno, por exemplo), estratégias de marketing pelas companhias de energia elétrica e satisfação do consumidor. Após as simulações computacionais, os autores apresentaram resultados que mostram que, de acordo com a alteração de cada uma das variáveis, o consumo de energia elétrica teve grandes mudanças. Apesar disso, apontam que uma limitação deste trabalho é a não validação com dados reais.

3.3 RELAÇÃO ENTRE OCUPAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Martani et al. (2012) analisaram o consumo de energia elétrica em diferentes prédios da universidade americana MIT – *Massachusetts Institute of Technology* –

de acordo com a ocupação daqueles prédios. O número de ocupantes dos prédios foi definido de acordo com as conexões à rede Wi-Fi do campus. Os resultados mostraram que há uma alta correlação entre a quantidade de pessoas e o consumo de energia elétrica dos prédios em questão, como mostra a FIGURA 17.

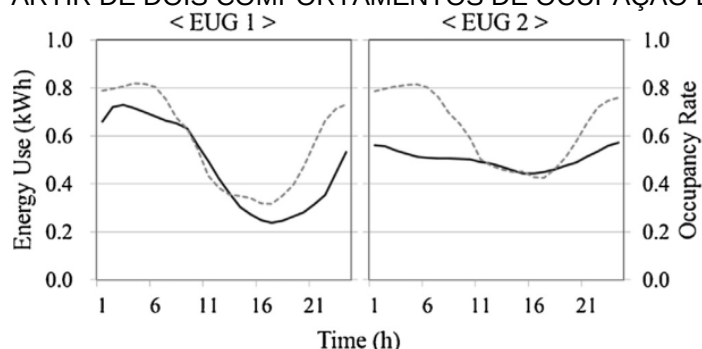
FIGURA 17 - RELAÇÃO ENTRE OCUPAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM DOIS PRÉDIOS DO MIT



FONTE: Martani et al. (2012).

Song et al. (2017) propuseram a previsão do consumo de energia elétrica em uma instalação utilizando redes neurais artificiais. Em seu estudo, os dados de entrada usados para treinamento das redes foram: temperatura; velocidade do vento; umidade relativa; radiação solar; taxa de ocupação; dia da semana; e estação do ano. A partir do treinamento de suas RNAs, tendo dois exemplos de taxas de ocupação, chegaram em um resultado de previsão da ocupação e consumo da energia para o dia seguinte, apresentado na FIGURA 18, sendo que a linha contínua representa a previsão do consumo de energia e a linha tracejada a taxa de ocupação.

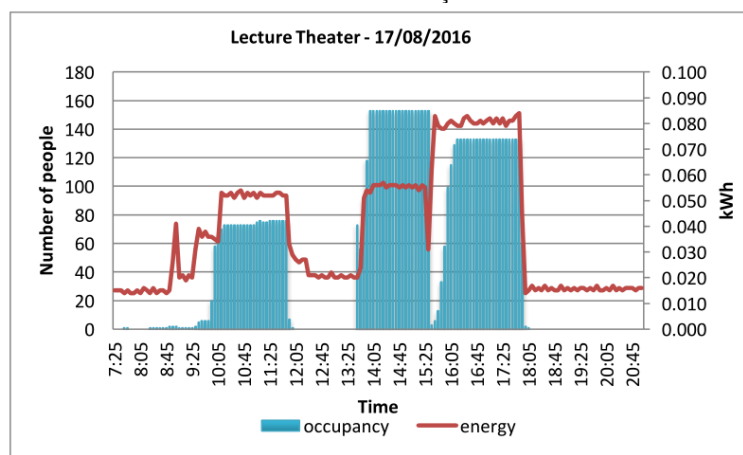
FIGURA 18 - PREVISÃO DO CONSUMO DE ENERGIA E OCUPAÇÃO PARA O DIA SEGUINTE AOS DADOS A PARTIR DE DOIS COMPORTAMENTOS DE OCUPAÇÃO DA INSTALAÇÃO.



FONTE: Song et al. (2017).

Assimakopoulos et al. (2017) apresentaram um estudo de caso em que mostraram, de forma gráfica, a relação entre a ocupação de três salas diferentes de uma universidade e o consumo de energia da sala. A ocupação das salas foi determinada a partir do número de conexões Wi-Fi à rede e por observações dos pesquisadores. Abaixo, na FIGURA 19, é apresentado o gráfico do consumo total de energia (incluindo-se o aquecimento) de uma das salas.

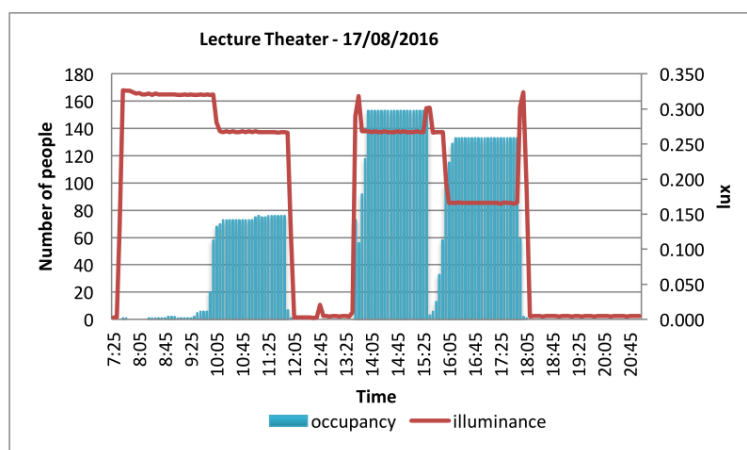
FIGURA 19 - CONSUMO DE ENERGIA E OCUPAÇÃO DE UMA SALA DA UNIVERSIDADE



FONTE: Assimakopoulos et al. (2017).

Além da relação com a energia total consumida pela sala, eles mostram também a iluminância (em lux) do local através de sensores posicionados na sala. Esta relação é exibida na FIGURA 20.

FIGURA 20 - ILUMINÂNCIA E OCUPAÇÃO DE UMA SALA DA UNIVERSIDADE EM QUESTÃO.



FONTE: Assimakopoulos et al. (2017).

Assimakopoulos et al. (2017) concluem que o número de pessoas e suas atividades, assim como a infraestrutura do local estudado, são os principais fatores que influenciam no consumo de energia, apesar da variação do número de ocupantes não alterar significativamente a iluminação.

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo foram apresentados trabalhos relacionados ao tema de modo que estes direcionam as ações tomadas para a confecção deste trabalho. As informações de consumo global de energia elétrica e a porção equivalente ao setor residencial e comercial explicam a necessidade de aprofundamento sobre temas relacionados a este consumo.

Os métodos de gerenciamento de energia apontados mostram alguns resultados ao incluir nas análises o comportamento humano e o controle do consumo de energia pelo lado da demanda, o que demonstra a existência da possibilidade da inclusão de dados para este fim.

Finalmente os trabalhos mencionados que analisam a relação entre a presença e quantidade de pessoas com o consumo de energia elétrica convergem que estes dados influenciam no consumo de energia elétrica, mostrando que o objetivo deste trabalho de analisar esta relação, empregando uma tecnologia que possa ser utilizada em maior escala considerando um sistema de redes elétricas inteligentes, é importante.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão apresentados o Sensor Wi-Fi e o analisador de energia utilizado para medição do consumo na instalação em estudo. Além destes materiais, serão também apresentados os *softwares* utilizados para análises, visualizações e previsões dos dados. A seguir serão expostos os métodos aplicados para chegar ao resultado desejado.

4.1 MATERIAIS

4.1.1 Sensor Wi-Fi

O Sensor Wi-Fi é um roteador com função *wireless*, da marca TP-Link, modelo MR 3020, no qual é instalado um *firmware* desenvolvido pela empresa Everywhere Analytics - EWA. Este *firmware* faz com que o roteador passe a capturar as mensagens Wi-Fi emitidas pelos equipamentos próximos a ele e que estejam com esta tecnologia ativada. Então o Sensor Wi-Fi, de modo similar ao sistema apresentado por Musa e Eriksson (2012), registra o endereço MAC daqueles equipamentos. Além disso, as informações geradas apresentam a hora e a potência (dBm) de cada mensagem no momento de captura. A informação da potência faz parte da mensagem Wi-Fi enviada pelo equipamento.

FIGURA 21 - IMAGEM DO ROTEADOR UTILIZADO COMO SENSOR WI-FI



FONTE: TP-Link (2018).

Os dados captados pelo sensor são enviados à base de dados da empresa Everywhere Analytics e processados de acordo com o método proposto pela empresa. Após o processamento dos dados, as informações disponibilizadas são as seguintes:

- Endereço MAC;
- Tempo de início de contato;
- Tempo final de contato;
- Duração (em segundos);
- Potência máxima;
- Potência média das mensagens no período;
- Quantidade de mensagens Wi-Fi no período.

As mensagens Wi-Fi são aglutinadas quando elas ocorrem em um período menor que 30 minutos, gerando então uma linha na tabela da base de dados com as colunas citadas acima.

Os dados do sensor foram, com a aprovação da Everywhere, baixados em formato CSV para análise do autor em seus próprios equipamentos.

4.1.2 Analisador de Energia Elétrica

O equipamento utilizado para a medição do consumo de energia elétrica, fornecido pelos Institutos LACTEC, da marca RMS modelo MARH-21, é capaz de registrar grandezas do sistema elétrico em tempo real. Este medidor registra continuamente os valores de tensão e corrente, integralizando os valores a cada período programado. A grandeza disponibilizada pelo equipamento que será utilizada neste trabalho é a potência ativa trifásica integralizada a cada 15 minutos.

FIGURA 22 - ANALISADOR DE ENERGIA MARH-21



FONTE: RMS Sistemas Eletrônicos (2018).

Os dados deste registrador são armazenados em sua memória interna e, então, podem ser descarregados em formato CSV para um computador através de conexão local.

4.1.3 MySQL Workbench

No computador pessoal do autor foi instalado um servidor de banco de dados MySQL, de modo a utilizar a linguagem SQL (*Structured Query Language*) para consultas aos dados gerados pelo sensor.

O MySQL Workbench é uma ferramenta para acesso ao servidor da base de dados que possui uma interface gráfica. Através desta ferramenta é possível fazer a criação e atualização das tabelas e *views* do banco.

4.1.4 RStudio

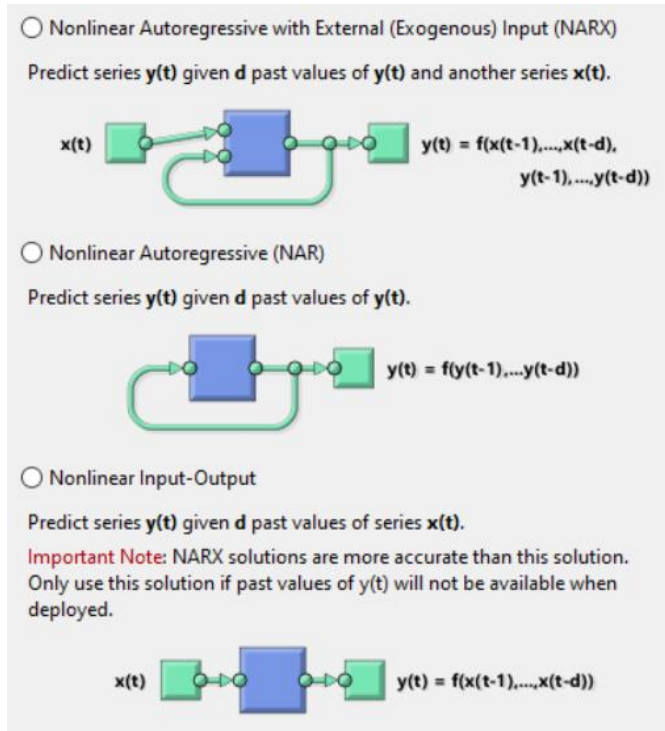
O RStudio é uma IDE (*Integrated Development Environment*) para utilização da linguagem R, que é uma linguagem de programação para estatística computacional e geração de gráficos, apresentando uma gama enorme de técnicas estatísticas e de visualização de dados à disposição. Pela popularidade deste *software* e desta linguagem entre a comunidade científica, ele se torna uma ótima ferramenta para a análise dos dados deste trabalho.

4.1.5 Neural Network Toolbox – MATLAB

A *Neural Network Toolbox* (nntoolbox) é uma ferramenta inserida no *software* MATLAB que provê algoritmos para criar, treinar e testar redes neurais artificiais. Possui um modo específico para modelagem e predição de séries temporais, que foi utilizada neste trabalho.

Após a importação dos dados a serem analisados ao MATLAB, estes dados podem ser enviados à esta ferramenta. Nela é possível escolher o formato da rede a ser utilizada, como mostra a FIGURA 23.

FIGURA 23 - RNAs DISPONÍVEIS PARA PREVISÃO DE SÉRIES TEMPORAIS



FONTE: MathWorks (2018).

Caso o tipo da rede escolhido seja o NARX, insere-se quais são os dados que se deseja utilizar como entrada e quais os dados definidos como objetivo da previsão. Então define-se qual a porcentagem destes dados que o usuário almeja que seja utilizado para o treinamento da rede, para a validação (que faz parte do algoritmo de treinamento), e para o seu teste. A escolha padrão e mais utilizada pela literatura é: 70% dos dados são utilizados para treinamento, 15% para validação e os últimos 15% para teste. Ainda, é possível escolher o número de neurônios e atrasos a serem considerados no algoritmo de treinamento.

Após o treinamento da rede com os dados escolhidos, a ferramenta oferece como resultado um vetor dos dados previstos.

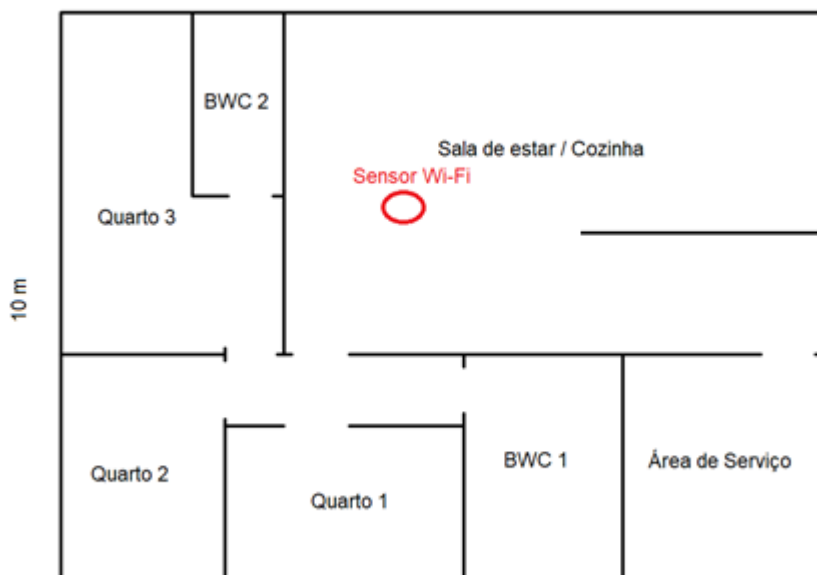
4.2 MÉTODOS

4.2.1 Instalação do Sensor Wi-Fi

O Sensor Wi-Fi foi instalado em local central da residência em estudo, como mostra a FIGURA 24, a 50 cm de altura. A residência é um apartamento no segundo andar de um prédio com três andares. O sensor foi ligado à fonte de alimentação

original do *hardware* e conectado à rede de internet para envio dos dados ao sistema da EWA. Esteve ligado ininterruptamente do dia 3 de janeiro ao dia 13 de abril de 2018.

FIGURA 24 - PLANTA SIMPLIFICADA DA RESIDÊNCIA EM ESTUDO
13,5m



FONTE: O Autor (2018).

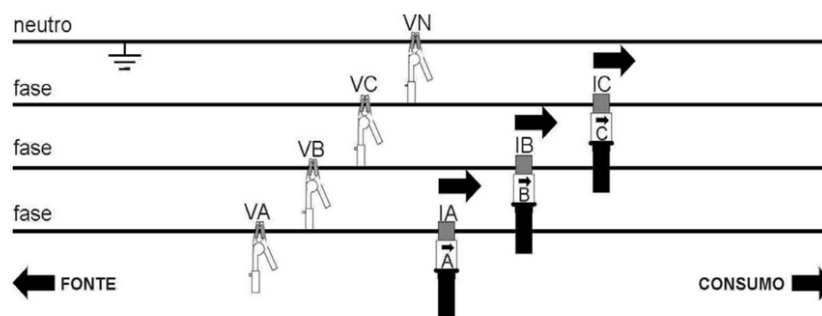
4.2.2 Instalação do Analisador de Energia

O equipamento MARH-21 foi instalado no Quadro de Distribuição Geral (QDG) da residência, obedecendo ao procedimento disponível em seu manual para instalação em sistemas trifásico e com neutro. O esquemático presente no manual é o apresentado na FIGURA 25. Já na FIGURA 26 encontra-se uma fotografia da instalação no ambiente a ser estudado.

Esta instalação ocorreu no dia 02/04/2018 e o equipamento foi desinstalado no dia 13/04/2018. Portanto, há dados ininterruptos do dia 3 à meia-noite ao dia 12 as 23:59, totalizando 10 dias completos de dados.

Neste trabalho os dados do consumo de energia elétrica adquiridos pelo analisador serão chamados de W.

FIGURA 25 - ESQUEMÁTICO DE LIGAÇÃO DO MARH-21 EM SISTEMAS TRIFÁSICOS E COM NEUTRO



FONTE: RMS (2018).

FIGURA 26 - FOTOGRAFIA DO LOCAL DE INSTALAÇÃO DO ANALISADOR DE ENERGIA



FONTE: O Autor (2018).

4.2.3 Processamento dos Dados do Sensor Wi-Fi

Como a instalação do sensor ocorreu no dia 3 de janeiro, os dados capturados pelo sensor durante o período em que o analisador de energia não esteve instalado tiveram uma ótima aplicação. O sensor é capaz de capturar as mensagens Wi-Fi enviadas pelos equipamentos a uma distância considerável, portanto, não captura apenas as enviadas por *smartphones* dentro da residência estudada.

Na FIGURA 27 são apresentados os primeiros dados capturados pelo sensor, como exemplo de como os dados são apresentados. Neste trabalho, os endereços MAC terão apenas seus últimos 6 dígitos apresentados e chamados de ID.

FIGURA 27 - PRIMEIROS DADOS CAPTURADOS PELO SENSOR

ID	DATA	T_INICIO	T_FIM	DURACAO	POT_MAXIMA	POT_MEDIA	SAMPLES
c3f4fe	2018-01-03	14:53:02	14:57:02	240	-68	-74	15
104c58	2018-01-03	14:53:03	14:57:09	246	-56	-67	15
377417	2018-01-03	14:53:03	14:55:11	128	-51	-65	107
55c734	2018-01-03	14:53:05	14:57:20	255	-72	-78	32
5cf054	2018-01-03	14:53:07	14:56:50	223	-43	-51	27

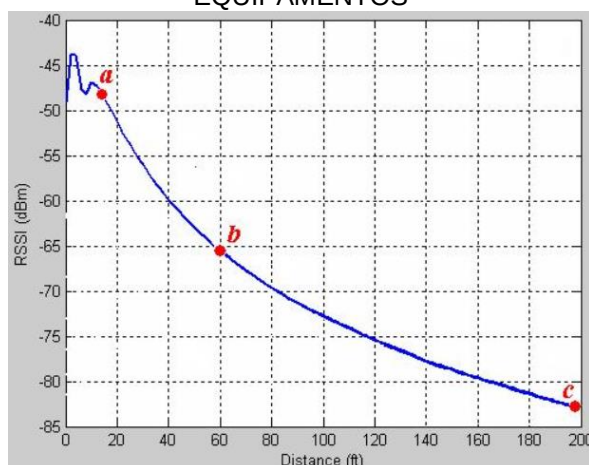
FONTE: O Autor (2018).

A partir do momento que os dados estão disponíveis na base de dados do servidor presente no computador do autor, deve-se separar os dados realmente desejados, que são os dados provenientes de *smartphones* de pessoas que estão no interior da residência em questão.

Desta forma é necessário um processamento para que seja possível identificar apenas estes celulares.

Na FIGURA 28 é exibido um exemplo da relação entre a potência do sinal e a distância entre os equipamentos, apresentado pela Cisco. Esta relação depende de vários fatores, como tipos de antenas dos equipamentos e obstáculos físicos, como móveis e paredes.

FIGURA 28 - EXEMPLO DE RELAÇÃO ENTRE POTÊNCIA DO SINAL E DISTÂNCIA ENTRE EQUIPAMENTOS



FONTE: Cisco (2018).

A partir deste gráfico e das observações realizadas, foi definido o primeiro método de corte.

Primeiramente foram considerados todos os IDs que tiveram, pelos menos uma única vez, uma potência maior que -50 dBm que é uma potência consideravelmente alta, garantindo que sejam considerados os que estiveram dentro da residência mesmo que em alguma outra ocasião o *smartphone* não tenha enviado uma mensagem Wi-Fi quando esteve próximo o suficiente para ter uma potência nesta faixa.

Segundo, visto que equipamentos como televisão, impressoras e roteadores também podem ser capturados pelo Sensor Wi-Fi, deve ser encontrada uma forma de retirá-los da análise. Os celulares são equipamentos móveis, então a variação de potência deve ser relativamente alta. Visto que já estão sendo considerados apenas os dispositivos que já tiveram uma potência alta, deve-se então considerar os que, em média, tiveram uma potência média das mensagens mais baixa. Especificamente, foram considerados os dispositivos que tiveram uma média da potência média menor que -60 dBm.

A junção dos dois métodos acima faz com que sejam considerados apenas os dispositivos que estiveram próximos ao sensor, mas que em média não estiveram sempre tão próximos, ou seja, que houve movimentação dentro da residência, indicando ser um *smartphone* ligado a uma pessoa.

Por último, Bakker (2016) em suas análises mostrou que um celular, em um intervalo de uma hora, envia no mínimo nove mensagens Wi-Fi e quando um celular não está sendo utilizado a frequência de envios é menor. Portanto, devido à existência de sinais erráticos fazendo com que algum outro aparelho possa ter transmitido sinais que se encaixem nos dois métodos acima, porém em pouquíssimas mensagens, foram considerados apenas os dispositivos que tiveram no mínimo 9 amostras daquelas mensagens.

Simplificando, foram considerados os equipamentos que tiveram estas características:

- Máxima potência máxima maior que -50 dBm;
- Média da potência média menor que -60 dBm;
- Número de mensagens Wi-Fi maior que 9.

No total, foram considerados 21 equipamentos diferentes em 101 dias de dados oriundos do Sensor Wi-Fi, analisados como *smartphones* que estiveram dentro da residência a ser estudada.

Após isto, com a ajuda de um código em *Python* desenvolvido pelo Autor, foi feita a contagem do número de pessoas presentes na instalação a cada 15 minutos.

Exemplificando, para o conjunto de dados do dia 5 de abril apresentado na FIGURA 29, houve a contagem de pessoas nas horas apresentadas na TABELA 2 e na TABELA 3.

FIGURA 29 - CONJUNTO DE DADOS DO DIA 5 DE ABRIL

ID	DATA	T_INICIO	T_FIM	DURACAO	POT_MAXIMA	POT_MEDIA	SAMPLES
70f34e	2018-04-05	00:03:50	08:49:46	31556	-44	-80	469
44be69	2018-04-05	00:06:09	09:59:14	35585	-60	-80	408
d779a5	2018-04-05	00:11:52	10:40:42	37730	-43	-70	408
70f34e	2018-04-05	19:19:33	22:55:46	12973	-45	-74	329
8f7bed	2018-04-05	19:20:36	21:10:07	6571	-53	-71	58
8f7bed	2018-04-05	21:40:13	23:34:42	6869	-79	-84	89
d779a5	2018-04-05	23:04:47	23:58:44	3237	-49	-60	202
44be69	2018-04-05	23:46:58	23:58:09	671	-61	-67	56

FONTE: O Autor (2018).

TABELA 2 - CONTAGEM DE PESSOAS A CADA 15 MINUTOS PARA O DIA 5 DE ABRIL ENTRE 8:00 E 11:00

Horário	Pessoas
08:00	3
08:15	3
08:30	3
08:45	3
09:00	2
09:15	2
09:30	2
09:45	2
10:00	1
10:15	1
10:30	1
10:45	0
11:00	0

FONTE: O Autor (2018).

Nota-se nos dados apresentados na FIGURA 29 que o ID “8f7bed” não transmitiu mensagens Wi-Fi entre 21:11 e 21:39. Nos dados capturados há outros casos em que os *smartphones* ficam mais de 30 minutos sem enviar uma única mensagem, fazendo com que na contagem das pessoas ocorra um número menor que o real. Quando de madrugada, ou seja, quando os celulares estão com pouco uso, o que interfere na frequência de envio das mensagens Wi-Fi, também podem ocorrer algumas variações neste sentido. As análises deste trabalho foram realizadas

com os dados reais do sensor, ou seja, mesmo que estas divergências entre valor medido e valor real do número de pessoas existam.

TABELA 3 - CONTAGEM DE PESSOAS A CADA 15 MINUTOS PARA O DIA 5 DE ABRIL ENTRE 19:00 E 22:00

Horário	Pessoas
19:00	0
19:15	2
19:30	2
19:45	2
20:00	2
20:15	2
20:30	2
20:45	2
21:00	2
21:15	1
21:30	2
21:45	2
22:00	2

FONTE: O Autor (2018).

4.2.4 Análises Estatísticas dos Dados

Os dados medidos pelos Sensor Wi-Fi e pelo analisador de energia estão mostrados no Apêndice 1 – Valores Medidos. Foi criado um arquivo CSV ordenado sequencialmente com as seguintes colunas:

- Horário no formato HH:MM;
- Pessoas;
- W (kW).

Foram utilizados os sete primeiros dias dos dados, garantindo informações de um de cada dia da semana diferente.

A seguir foi construído um gráfico de dispersão entre o número de pessoas e o consumo W para cada instante de tempo utilizando a linguagem R no *software* RStudio.

Foi adicionada uma nova coluna relativa à hora com a informação do turno em que aquele dado foi capturado:

- Madrugada: da 00:00 as 5:59;
- Manhã: das 6:00 as 11:59;

- Tarde: das 12:00 as 17:59;
- Noite: das 18:00 as 23:59.

Então, gráficos de dispersão entre pessoas e consumo foram criados para cada um dos turnos para que seja possível analisar se o período interfere nesta relação.

Por fim foi realizado o cálculo da autocorrelação do consumo W considerando um atraso de 20 amostras, relativas a cinco horas de dados para análise da sazonalidade e da correlação do consumo.

4.2.5 Treinamento das Redes Neurais Artificiais

Para o treinamento das RNAs foi utilizada a ferramenta *nntoolbox* no *software* MATLAB. Para esta tarefa foi utilizado um arquivo CSV com as mesmas colunas citadas no item anterior, porém com a coluna do horário possuindo apenas a informação da hora, dispensando os minutos. Neste caso foram utilizados todos os dez dias em que há dados completos para treinamento, validação e teste das redes.

Apesar de ser uma série temporal, foi utilizada como entrada a informação da hora para que seja possível fazer a diferenciação da influência do número de pessoas em cada hora, como mostra a TABELA 4.

TABELA 4 - PARTE DOS DADOS NO CSV UTILIZADO PARA TREINAMENTO, DO DIA 5 DE ABRIL

Hora	Pessoas	W (kW)
8	3	0.041948
8	3	0.041525
8	3	0.194319
8	3	0.21476
9	2	0.152706
9	2	0.233341
9	2	0.350252
9	2	0.266024
10	1	0.107672
10	1	0.203106
10	1	0.149932
10	0	0.233266

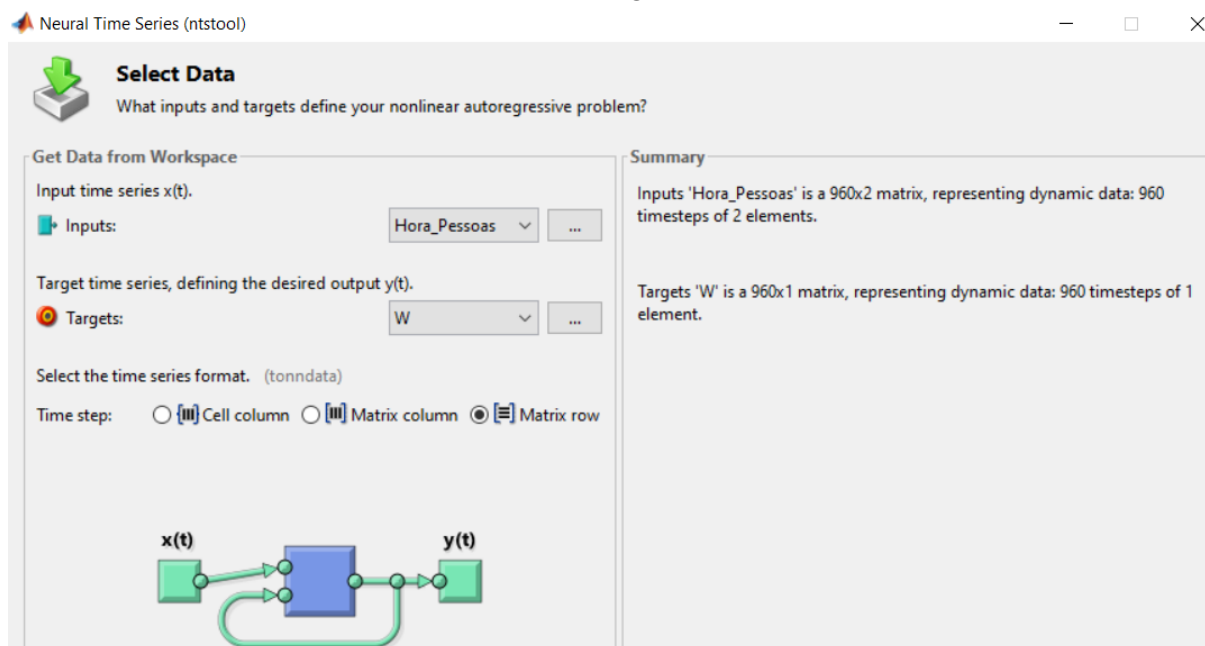
FONTE: O Autor (2018).

Na ferramenta de previsão de séries temporais da *nntoolbox* foi utilizada a rede NARX, selecionando na janela do MATLAB mostrada na FIGURA 23.

Então, como mostra a FIGURA 30, foram selecionadas as colunas para treinamento da rede, sendo que o consumo W foi definido como objetivo de previsão.

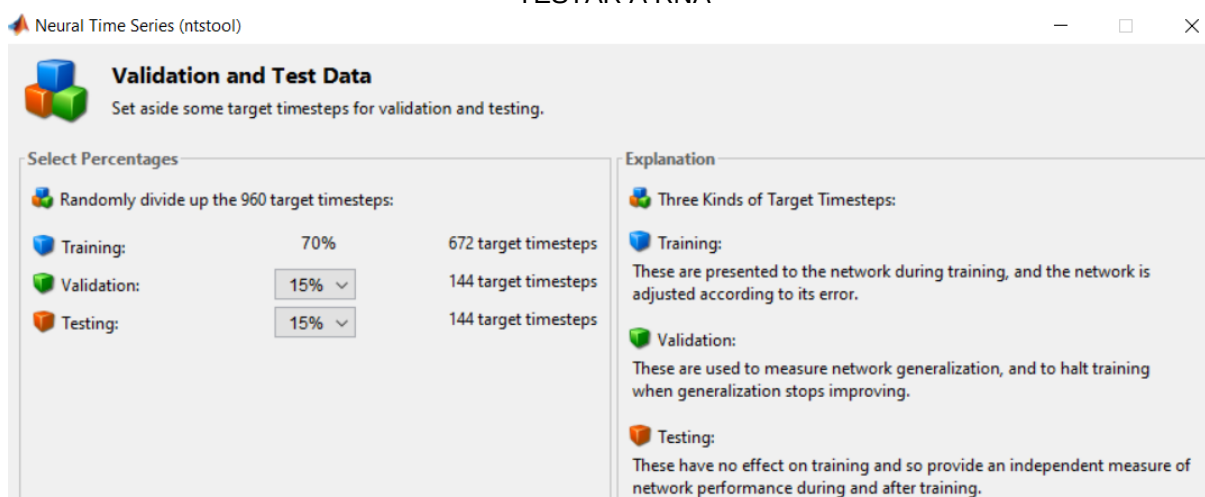
Após a escolha dos dados, deve-se escolher a porção dos dados a serem utilizados para treinamento, validação e teste da rede, demonstrado na FIGURA 31. Os primeiros sete dias foram utilizados para treinamento e os três dias restantes foram divididos igualmente para validação e testes.

FIGURA 30 - ESCOLHA DOS DADOS DE ENTRADA E OBJETIVOS DA REDE NEURAL ARTIFICIAL



FONTE: O Autor (2018).

FIGURA 31 - ETAPA DE ESCOLHA DA PORÇÃO DOS DADOS PARA TREINAR, VALIDAR E TESTAR A RNA

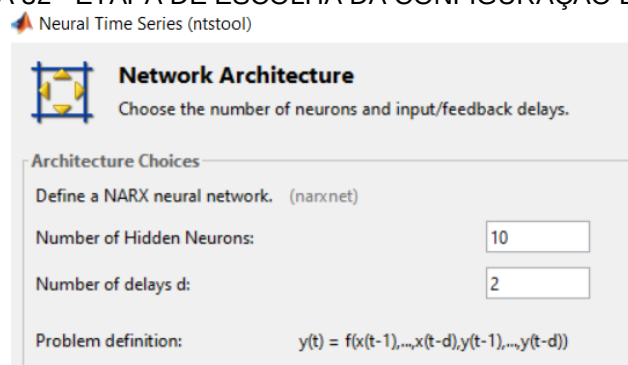


FONTE: O Autor (2018)

Então, como exemplificado na FIGURA 32, escolhe-se a configuração da rede, alterando o valor do número de neurônios e a quantidade de valores anteriores ao objetivo a serem levados em consideração para a previsão do valor de objetivo.

Para a escolha da configuração da rede neural artificial foram feitos vários testes alterando o número de neurônios, sendo o número de atrasos definido através da autocorrelação a ser explicado no item Análise de Resultados e Discussão.

FIGURA 32 - ETAPA DE ESCOLHA DA CONFIGURAÇÃO DA REDE



FONTE: O Autor (2018).

Ainda, é possível escolher entre três algoritmos de treinamento de rede RNA. Para os casos onde o conjunto de dados é pequeno e há uma grande variação nas medidas, como nos valores medidos do consumo de energia elétrica, o algoritmo recomendado pela própria ferramenta *nn toolbox* é a Regularização Bayesiana, então este algoritmo foi escolhido. Quando este algoritmo é utilizado, a ferramenta utiliza o valor do erro quadrático para a produção da RNA.

A cada configuração de RNA foram realizados 10 treinamentos, sendo utilizado o vetor de saída W do período de teste para o cálculo do MAPE em relação ao valor do consumo medido deste período. Então foi feita a média dos dez MAPES e a rede escolhida foi a que garantiu o melhor valor desta média do erro percentual absoluto e que o treinamento não tenha demorado mais de 10 minutos por treinamento da rede.

Após a escolha da configuração da RNA, foi feito o treinamento da rede com esta mesma configuração, mas retirando o número de pessoas do treino, validação e teste da rede. Desta forma será mostrado se a informação do número de pessoas trará uma melhor previsão do consumo ou não.

5 ANÁLISE DE RESULTADOS E DISCUSSÃO

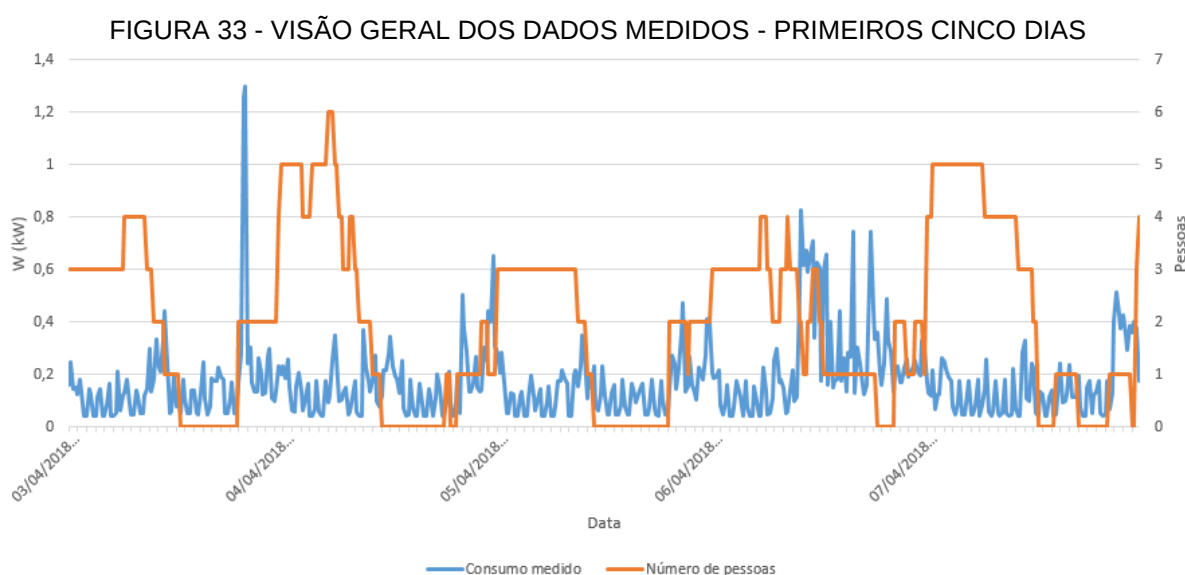
Neste capítulo serão apresentados os dados medidos, os resultados das regressões lineares aplicadas e da autocorrelação entre os valores de consumo energético da residência medidos pelo equipamento MARH-21, e o resultado das redes neurais artificiais quando treinadas utilizando a informação do número de pessoas adquirida pelo Sensor Wi-Fi e não utilizando esta informação.

5.1 VISÃO GERAL DOS DADOS MEDIDOS

Abaixo, na FIGURA 33 e na FIGURA 34, estão as visões gerais dos dados medidos pelo analisador de energia e pelo Sensor Wi-Fi dos cinco primeiros e dos cinco últimos dias, respectivamente.

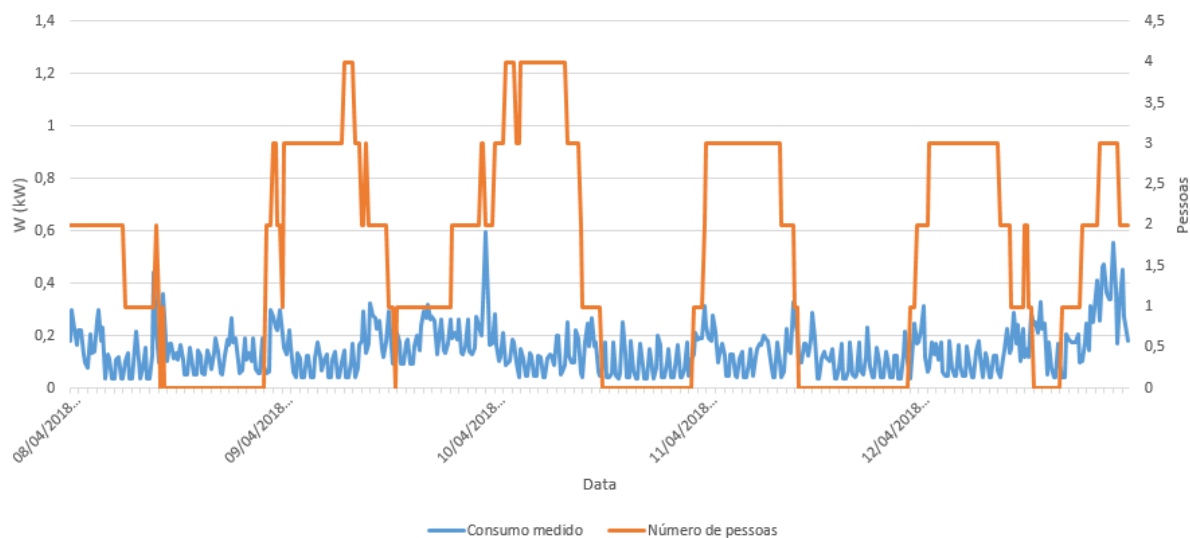
Nota-se a alta variação do consumo de energia elétrica em pequenos intervalos, explicada pela presença de eletrodomésticos que tendem a ter seu estado ligado e desligado em determinada frequência, como a geladeira.

Quanto à medida do número de pessoas observa-se algumas variações onde não necessariamente houve estas mudanças, mas sim pela limitação técnica do Sensor Wi-Fi de não comandar o envio de mensagens dos equipamentos. Apesar disso, na maioria do tempo o número de pessoas medido é próximo ao real e mantém um bom padrão.



FONTE: O Autor (2018).

FIGURA 34 - VISÃO GERAL DOS DADOS MEDIDOS - ÚLTIMOS CINCO DIAS



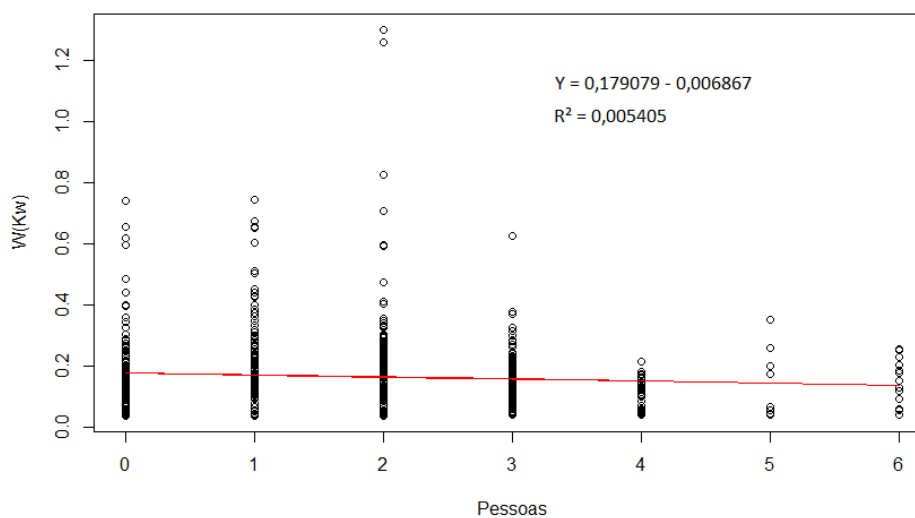
FONTE: O Autor (2018).

5.2 REGRESSÃO LINEAR DOS DADOS MEDIDOS

Como apontado no item Métodos, foram utilizados os sete primeiros dias (3 a 9 de abril de 2018) para a realização da regressão linear dos dados, sendo o número de pessoas a variável explanatória e o consumo de energia elétrica a variável dependente.

Utilizando todos os dados dos sete primeiros dias, chega-se a um resultado apresentado na FIGURA 35, que mostra a equação da sua regressão linear e seu coeficiente de determinação R^2 .

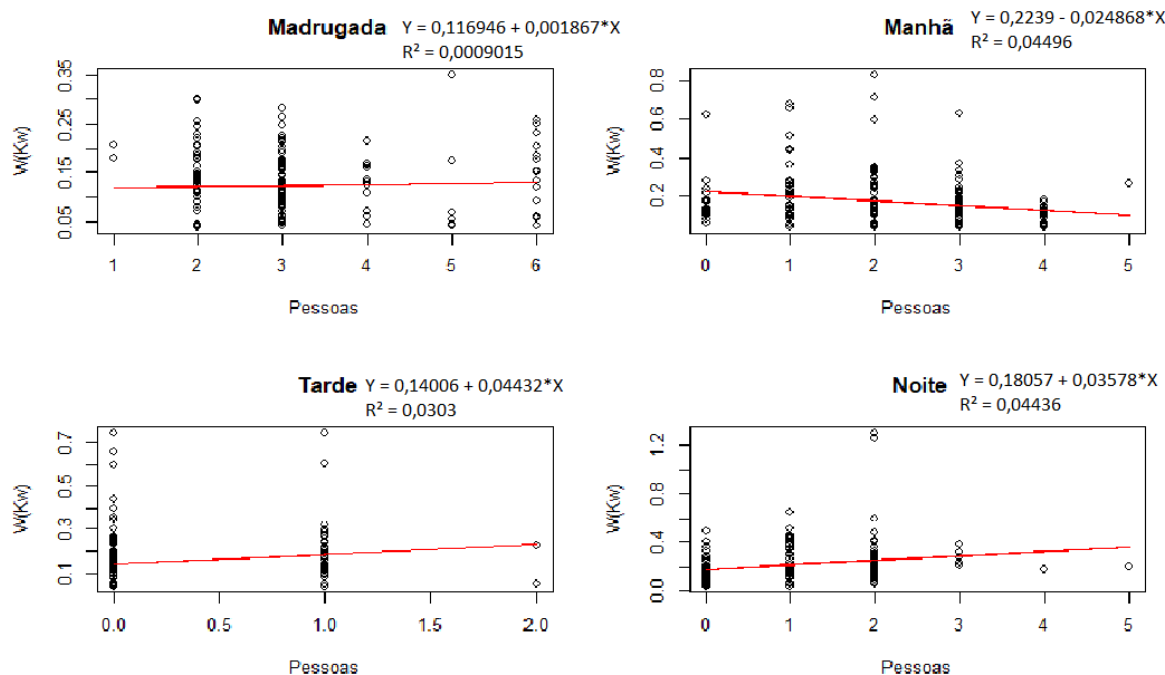
FIGURA 35 - DIAGRAMA DE DISPERSÃO DE TODOS OS DADOS DOS SETE PRIMEIROS DIAS



FONTE: O Autor (2018).

Observa-se que o resultado obtido não se aproxima do resultado de Martani et al. (2012) mostrado na FIGURA 17. Para tanto foi realizada a regressão linear dos dados separados pelos períodos (madrugada, manhã, tarde e noite). Seus diagramas de dispersão são apresentados na FIGURA 36.

FIGURA 36 - DIAGRAMAS DE DISPERSÃO DOS SETE PRIMEIROS DIAS SEPARADOS POR PERÍODO



FONTE: O Autor (2018).

Visualmente os períodos da tarde e da noite apresentam uma regressão linear próxima à obtida por Martani et al. (2012), porém têm um coeficiente de determinação baixo. Nota-se que a baixa variação do número de pessoas interfere nesta análise.

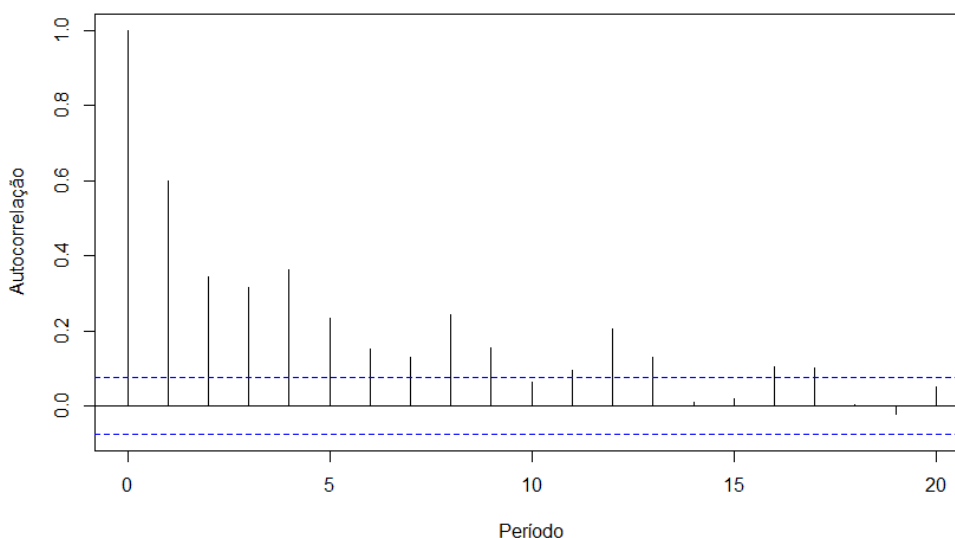
De qualquer forma, os resultados destas regressões lineares mostram que o turno, ou seja, o momento que os eventos ocorrem, interfere na relação entre o número de pessoas e o consumo da energia elétrica.

5.3 AUTOCORRELAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

É notável através da FIGURA 33 e da FIGURA 34 a existência de uma sazonalidade, ambas de curto e longo prazo, nos valores medidos do consumo de energia elétrica. À vista disso, foi realizado o cálculo da autocorrelação destas medidas para análise destas sazonalidades.

Foi realizado o cálculo da autocorrelação para 20 valores à frente, equivalentes a 5 horas de dados. O correlograma que mostra os valores da autocorrelação para cada período até o 20º período é apresentado na FIGURA 37

FIGURA 37 - AUTOCORRELAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA 20 PERÍODOS A FRENTE



FONTE: O Autor (2018).

Observa-se pela FIGURA 37, notando a FIGURA 7 e a FIGURA 8, que o consumo de energia elétrica possui uma alta correlação de curto prazo, mais precisamente até nove períodos a frente, e uma sazonalidade a cada 4 períodos (neste caso a cada uma hora).

5.4 PREVISÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE RNA

Observando-se o fato aqui mostrado que o período do dia interfere na relação entre a quantidade de pessoas e o consumo de energia elétrica, concluiu-se que a inserção da informação da hora para o treinamento da rede neural artificial tem grande importância. Além do mais, como mostrou a FIGURA 37, existe uma alta correlação entre o valor atual medido de energia elétrica a até nove medições anteriores.

Deste modo, para a escolha da RNA para previsão do consumo foram utilizados os dados da forma apresentada na TABELA 4. Então, nos testes das configurações das redes, os números de neurônios foram variados e o número de atrasos ficou definido em 9 devido à autocorrelação.

5.4.1 Previsão do Consumo Utilizando o Número de Pessoas

Com a utilização da informação do número de pessoas os testes das configurações das redes passaram a ser realizados. Foram realizados 10 treinamentos para cada uma das três configurações apresentadas com seus resultados na TABELA 5.

TABELA 5 - TESTES DAS CONFIGURAÇÕES DE RNAs PARA 9 ATRASOS UTILIZANDO O NÚMERO DE PESSOAS

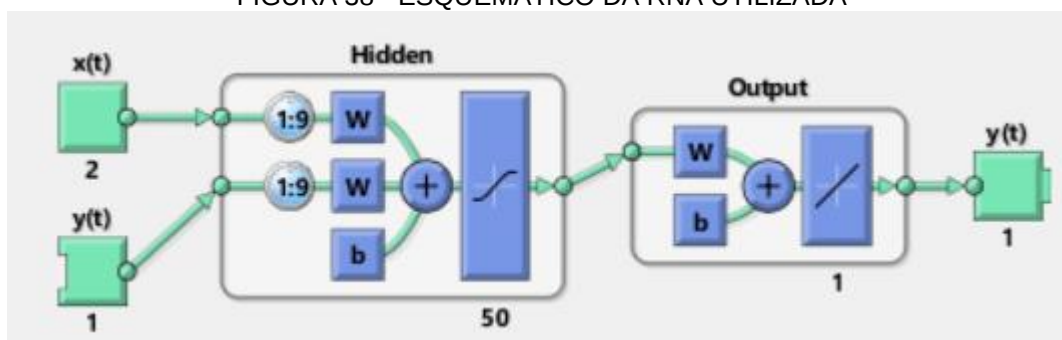
Nº de neurônios	Média dos MAPEs	Desvio padrão dos MAPEs	Melhor MAPE	Pior MAPE
10	33,67%	3,38%	31,19%	38,50%
25	23,75%	5,48%	16,69%	29,87%
50	18,90%	4,98%	10,56%	26,59%

FONTE: O Autor (2018).

Com um número de neurônios maior que 50 o tempo de treinamento demora mais que 10 minutos e não indica melhora considerável na previsão. Portanto a configuração de rede neural artificial escolhida é utilizando 50 neurônios e nove atrasos a serem considerados.

O esquemático da RNA escolhida é apresentado na FIGURA 38.

FIGURA 38 - ESQUEMÁTICO DA RNA UTILIZADA



FONTE: O Autor (2018).

5.4.2 Previsão do Consumo Sem Utilizar o Número de Pessoas

Com a arquitetura da RNA escolhida, foram então realizados 10 treinamentos da rede sem utilizar o número de pessoas, utilizando apenas as informações da hora e do consumo para treinamento da rede, chegando no resultado apresentado na TABELA 6.

TABELA 6 - RESULTADO DAS RNAs TREINADAS SEM UTILIZAR O NÚMERO DE PESSOAS COM A CONFIGURAÇÃO ESCOLHIDA DE 50 NEURÔNIOS E NOVE ATRASOS

Nº de neurônios	Média dos MAPEs	Desvio padrão dos MAPEs	Melhor MAPE	Pior MAPE
50	42,73%	3,50%	38,89%	50,93%

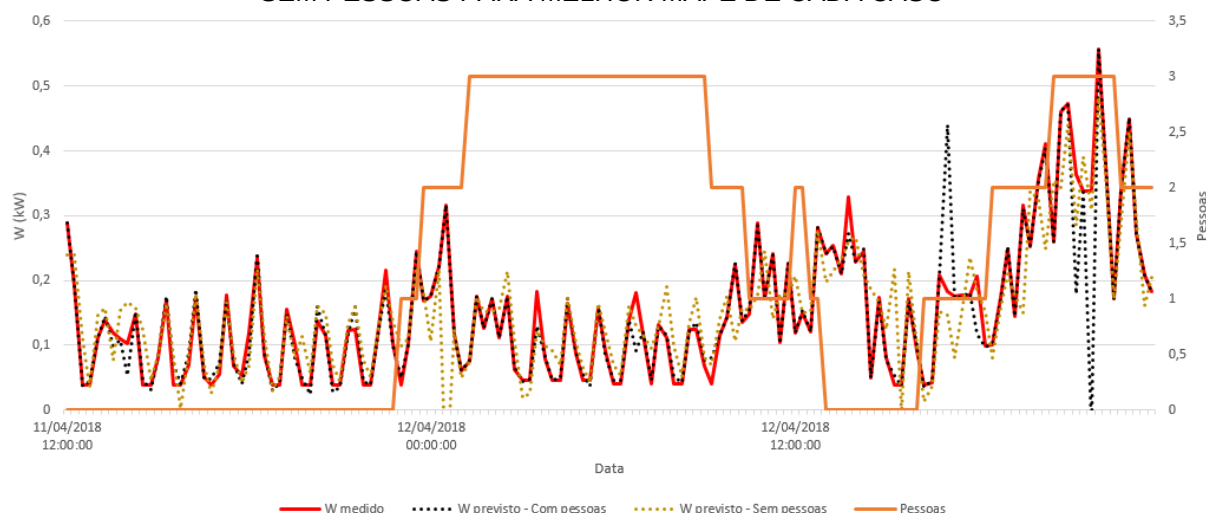
FONTE: O Autor (2018).

5.4.3 Visualização das Previsões

Para a visualização e comparação entre o método que utiliza e o método que não utiliza a quantidade de pessoas para previsão do consumo de energia elétrica, foi realizado um gráfico que mostra o erro entre os valores previstos e os valores medidos para o período de teste de cada caso. Para isto utilizou-se o conjunto de dados onde se obteve o melhor MAPE de cada método. No caso, quando o MAPE foi igual a 10,56% utilizando o número de pessoas e quando o MAPE foi de 38,89% sem utilizar esta informação.

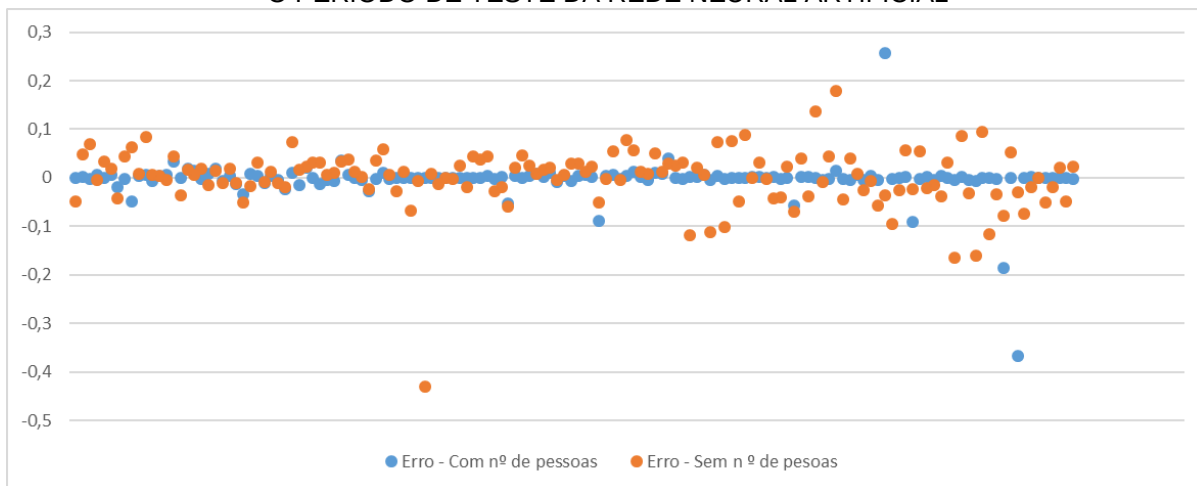
Na FIGURA 39 encontra-se a comparação do resultado de cada um dos 144 valores previstos, correspondentes aos últimos 15% de dados, para os casos com a informação do número de pessoas e sem esta informação. Na FIGURA 40 está o erro de cada um destes valores, onde observa-se a tendência dos valores previstos serem bem próximos ao valor medido pelo analisador de energia quando se utiliza a quantidade de pessoas para a previsão.

FIGURA 39 - COMPARAÇÃO ENTRE W MEDIDO, W PREVISTO COM PESSOAS E W PREVISTO SEM PESSOAS PARA MELHOR MAPE DE CADA CASO



FONTE: O Autor (2018).

FIGURA 40 - ERRO DE CADA MEDIDA PREVISTA DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA O PERÍODO DE TESTE DA REDE NEURAL ARTIFICIAL



FONTE: O Autor (2018).

Os valores previstos que apresentam um erro muito maior que a média se dão ao fato do pico de consumo notado na FIGURA 33. Apesar disso, observa-se que os resultados são bons mesmo que o conjunto de dados seja pequeno e permitam que um valor fora do padrão interfira na previsão.

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Através de um processamento dos dados adquiridos pelo Sensor Wi-Fi, foi possível identificar quais dos equipamentos por ele identificados eram *smartphones* que estavam no interior da instalação, tendo então a quantidade de pessoas aproximada no local. Mesmo que algumas variações aconteçam por determinados celulares não emitirem as mensagens na frequência necessária, o número obtido apresentou um bom resultado.

Observa-se, comparando a TABELA 5 e a TABELA 6, assim como a FIGURA 40, que a inserção da informação do número de pessoas obtido pelo Sensor Wi-Fi faz com que o MAPE entre os valores previstos e medidos para o período de teste das redes neurais artificiais tenha um valor bem mais baixo quando comparado à previsão sem utilizar a quantidade de pessoas.

Conclui-se que saber a informação do número de pessoas no local influencia em uma previsão de carga de curto prazo. Ainda mais, valida-se a utilização da tecnologia empregada para saber este número de pessoas. Pensando em um ambiente de redes elétricas inteligentes, onde esta tecnologia possa ser aplicada em grande escala de modo a ajudar na previsão de carga pelas companhias elétricas, o trabalho indica que esta ação poderia causar mudanças de modo a garantir uma melhor eficiência energética.

Os futuros trabalhos relacionados a este tema poderiam incluir a utilização do Sensor Wi-Fi em um local com maior movimento de pessoas, como supermercados, universidades ou *shopping centers* ao mesmo tempo que o consumo de energia elétrica destes locais é monitorado. Através de um histórico do número de pessoas do local e do consumo de energia elétrica, poderia ser possível prever qual será a quantidade de pessoas em determinado dia e horário e aplicar medidas que visem a melhor utilização da energia elétrica para aquele período, como pré condicionamento do ar, por exemplo.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, G.D.; SILVA, V.L.; REIS, E.A. **Análise de Regressão Linear no Software R**. UFMG, Departamento de Estatística, 2009. Relatório Técnico.
- ASSIMAKOPOULOS, M. N.; BARMPPARESOS, N.; PANTAZARAS, A.; KARLESSI, T.; LEE, S. E. On the comparison of occupancy in relation to energy consumption and indoor environmental quality: a case study. **Energy Procedia**. v. 134, p. 875-884, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14519**: Medidores eletrônicos de energia elétrica (estáticos) – Especificação. Rio de Janeiro, 2000.
- BAKKER, W. **The Analysis of passive Wi-Fi Tracking**. University of Twente, Faculty EEMCS, 2016.
- BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística Básica**. 5 ed. São Paulo: Saraiva, 2004.
- CISCO. **Wi-Fi Location-Based Services 4.1 Design Guide**. Disponível em <<https://goo.gl/BqQDXS>>. Acesso em 15 jun. 2018.
- CORREA, S. M. B. B. **Probabilidade e Estatística**. 2 ed. Belo Horizonte: PUC Minas Virtual, 2003.
- EHLERS, R. S. **Análise de Séries Temporais**. 5 ed. 2009. Disponível em: <<https://goo.gl/vAHzzx>>. Acesso em 11 jun. 2018.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanço Energético Nacional 2017. Relatório Final**. 2017. Disponível em: <<https://goo.gl/JDhHYB>>. Acesso em 3 jan. 2018.
- FERREIRA, V. H. **Desenvolvimento de Modelos Neurais Autônomos para Previsão de Carga Elétrica**. 302 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
- FLATH, C.; NICOLAY, D.; CONTE, T.; DINTHER, C. V.; FILIPOVA-NEUMANN, L. Cluster Analysis of Smart Metering Data. **Business & Information Systems Engineering**, v. 4, p. 31-39, jan. 2012.
- HOFFMANN, R. **ANÁLISE DE REGRESSÃO**: Uma Introdução à Econometria. 5 ed. Piracicaba: O Autor, 2016.
- HONG, T.; YAN, D.; D'OCA, S; CHEN, C. Ten questions concerning occupant behavior in buildings: The big picture. **Building and Environment**, v. 114, p. 518-530, dez. 2016.
- KUKUCA, P.; CHRAPCIAK, I. From Smart Metering to Smart Grid. **Measurement Science Review**, v. 16, p. 142-148, 2016.

LOPES, R. D. **Previsão de Autopeças**: estudo de caso em uma concessionária de veículos. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2002.

MARTANI, C.; LEE, D.; ROBINSON, P.; BRITTER, R.; RATTI, C. ENERNET: Studying the dynamic relationship between building occupancy and energy consumption. **Energy and Buildings**, v. 47, p. 584-591, 2012.

MathWorks. **Shallow Neural Network Time-Series Prediction and Modeling**. Disponível em <<https://goo.gl/EPznQH>>. Acesso em: 13 jun. 2018

MOLINA-SOLANA, M.; ROS, M.; RUIZ, M. D.; GÓMEZ-ROMERO, J.; MARTIN-BAUTISTA, M. J. Data science for building energy management: A Review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 70, p. 598-609, 2017.

MUSA, A. B. M.; ERIKSSON, J. **Tracking Unmodified Smartphones Using Wi-fi Monitors**. In: SenSys 2012 - Proceedings of the 10th ACM Conference on Embedded Network Sensor Systems, p. 281-294, 2012.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Boletim de Carga Mensal – Dezembro 2017**. 2018. Disponível em: <<https://goo.gl/RJ1tcU>>. Acesso em 12 abr. 2018.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Boletim Diário da Operação**. 2018. Disponível em <<https://goo.gl/smMgyy>>. Acesso em 12 abr. 2018.

PÉREZ-LOMBARD, L.; ORTIZ, J.; POUT. C. A review on buildings energy consumption information. **Energy and Buildings**. v. 40, p. 394-398, 2008.

RMS Sistemas Eletrônicos. **MARH-21 991PT – Analisador de Energia**. Disponível em <<https://goo.gl/nK1jyN>>. Acesso em: 13 jun. 2018.

RMS. **Manual – MARH-21**. Disponível em <<https://goo.gl/gRxfn>>. Acesso em: 16 jun. 2018.

SANTIN, O. G.; ITARD, L.; VISSCHER, H. The effect of occupancy and building characteristics on energy use for space and water heating in Dutch residential stock. **Energy and Buildings**, v. 41, p. 1223-1232, jul. 2009.

SCHEUNER, J.; MAZLAMI, G.; SCHONI, D.; STEPHAN, S.; CARLI, A. D.; BOCEK, T.; STILLER, B. **Probr – A Generic and Passive WiFi Tracking System**. In: IEEE 41st Conference on Local Computer Networks, p. 495-502, 2016.

SIEBERT, L. C.; FERREIRA, L. R.; YAMAKAWA, E. K.; CUSTÓDIO, E. S.; AOKI, A. R.; FERNANDES, T. S. P.; CARDOSO, K. H. **Centralized and Decentralized Approaches to Demand Response Using Smart Plugs**. In: 2014 IEEE PES T&D Conference and Exposition, p. 1-5, 2014.

SIEBERT, L. C.; SBICCA, A.; AOKI, A. R.; LAMBERT-TORRES, G. A behavioural economics approach to residential electricity consumption. **Energies**, v. 10, p. 768-785, jun. 2017.

SONG, K.; KWON, N.; ANDERSON, K.; PARK, M.; LEE, H.; LEE, S. Predicting hourly energy consumption in buildings using occupancy-related characteristics of end-user groups. **Energy and Buildings**. v. 156, p. 121-133, 2017.

SWAN, L. G.; UGURSAL, V. I. Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, p. 1819-1835, set. 2008.

TP-Link. **Download para TL-MR3020 V1**. Disponível em <<https://goo.gl/VKsvMS>>. Acesso em: 13 jun. 2018.

WEI, Y.; ZHANG, X.; SHI, Y.; XIA, L.; PAN, S.; WU, J.; HAN, M. A review on datadriven approaches for prediction and classification of building energy consumption. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 82, p. 1027-1047, 2018.

XIE, H.; TANG, H.; LIAO, Y. **Time Series Prediction Based on NARX Neural Networks**: An Advanced Approach. In: Eighth International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Baoding, p. 1275-1279, 2009.

YOHANIS, Y. G.; MONDOL, J. D.; WRIGHT, A.; NORTON, B. Real-life energy use in the UK: How occupancy and dwelling characteristics affect domestic electricity use. **Energy and Buildings**. v. 40, p. 1053-1059, 2017.

APÊNDICE 1 – VALORES MEDIDOS

Data	Hora	W (kW)	Pessoas
03/04/2018	00:00:00	0,158143	3
03/04/2018	00:15:00	0,245257	3
03/04/2018	00:30:00	0,144668	3
03/04/2018	00:45:00	0,150787	3
03/04/2018	01:00:00	0,123239	3
03/04/2018	01:15:00	0,179356	3
03/04/2018	01:30:00	0,088194	3
03/04/2018	01:45:00	0,041525	3
03/04/2018	02:00:00	0,042066	3
03/04/2018	02:15:00	0,14397	3
03/04/2018	02:30:00	0,124492	3
03/04/2018	02:45:00	0,04157	3
03/04/2018	03:00:00	0,040914	3
03/04/2018	03:15:00	0,111587	3
03/04/2018	03:30:00	0,144248	3
03/04/2018	03:45:00	0,041353	3
03/04/2018	04:00:00	0,041344	3
03/04/2018	04:15:00	0,082725	3
03/04/2018	04:30:00	0,166932	3
03/04/2018	04:45:00	0,041598	3
03/04/2018	05:00:00	0,04075	3
03/04/2018	05:15:00	0,05359	3
03/04/2018	05:30:00	0,213703	3
03/04/2018	05:45:00	0,060923	3
03/04/2018	06:00:00	0,117336	3
03/04/2018	06:15:00	0,127373	4
03/04/2018	06:30:00	0,181101	4
03/04/2018	06:45:00	0,086691	4
03/04/2018	07:00:00	0,047157	4
03/04/2018	07:15:00	0,047055	4
03/04/2018	07:30:00	0,140702	4
03/04/2018	07:45:00	0,117186	4
03/04/2018	08:00:00	0,054517	4
03/04/2018	08:15:00	0,052114	4
03/04/2018	08:30:00	0,116872	4
03/04/2018	08:45:00	0,141898	3
03/04/2018	09:00:00	0,300409	3
03/04/2018	09:15:00	0,135878	3
03/04/2018	09:30:00	0,18058	2
03/04/2018	09:45:00	0,33398	2
03/04/2018	10:00:00	0,239922	2
03/04/2018	10:15:00	0,213629	2
03/04/2018	10:30:00	0,327663	2
03/04/2018	10:45:00	0,440203	1

03/04/2018	11:00:00	0,248946	1
03/04/2018	11:15:00	0,0509	1
03/04/2018	11:30:00	0,054699	1
03/04/2018	11:45:00	0,189133	1
03/04/2018	12:00:00	0,080258	1
03/04/2018	12:15:00	0,117481	1
03/04/2018	12:30:00	0,051325	0
03/04/2018	12:45:00	0,181731	0
03/04/2018	13:00:00	0,110819	0
03/04/2018	13:15:00	0,049929	0
03/04/2018	13:30:00	0,049594	0
03/04/2018	13:45:00	0,138557	0
03/04/2018	14:00:00	0,138507	0
03/04/2018	14:15:00	0,050101	0
03/04/2018	14:30:00	0,049421	0
03/04/2018	14:45:00	0,128519	0
03/04/2018	15:00:00	0,247416	0
03/04/2018	15:15:00	0,107158	0
03/04/2018	15:30:00	0,049356	0
03/04/2018	15:45:00	0,076789	0
03/04/2018	16:00:00	0,185182	0
03/04/2018	16:15:00	0,176136	0
03/04/2018	16:30:00	0,174986	0
03/04/2018	16:45:00	0,227746	0
03/04/2018	17:00:00	0,191389	0
03/04/2018	17:15:00	0,180422	0
03/04/2018	17:30:00	0,05205	0
03/04/2018	17:45:00	0,049862	0
03/04/2018	18:00:00	0,10782	0
03/04/2018	18:15:00	0,168332	0
03/04/2018	18:30:00	0,050017	0
03/04/2018	18:45:00	0,071969	0
03/04/2018	19:00:00	0,16597	2
03/04/2018	19:15:00	0,280437	2
03/04/2018	19:30:00	1,260269	2
03/04/2018	19:45:00	1,301354	2
03/04/2018	20:00:00	0,242605	2
03/04/2018	20:15:00	0,30347	2
03/04/2018	20:30:00	0,168851	2
03/04/2018	20:45:00	0,133083	2
03/04/2018	21:00:00	0,132196	2
03/04/2018	21:15:00	0,264934	2
03/04/2018	21:30:00	0,2071	2
03/04/2018	21:45:00	0,125182	2
03/04/2018	22:00:00	0,130936	2
03/04/2018	22:15:00	0,267011	2
03/04/2018	22:30:00	0,297101	2
03/04/2018	22:45:00	0,110087	2

03/04/2018	23:00:00	0,098358	2
03/04/2018	23:15:00	0,131813	2
03/04/2018	23:30:00	0,231542	4
03/04/2018	23:45:00	0,19993	5
04/04/2018	00:00:00	0,231303	5
04/04/2018	00:15:00	0,18474	5
04/04/2018	00:30:00	0,257975	5
04/04/2018	00:45:00	0,152179	5
04/04/2018	01:00:00	0,060516	5
04/04/2018	01:15:00	0,056701	5
04/04/2018	01:30:00	0,153833	5
04/04/2018	01:45:00	0,205726	5
04/04/2018	02:00:00	0,131811	5
04/04/2018	02:15:00	0,059918	4
04/04/2018	02:30:00	0,107644	4
04/04/2018	02:45:00	0,163936	4
04/04/2018	03:00:00	0,043526	4
04/04/2018	03:15:00	0,043319	5
04/04/2018	03:30:00	0,067928	5
04/04/2018	03:45:00	0,176957	5
04/04/2018	04:00:00	0,05559	5
04/04/2018	04:15:00	0,041575	5
04/04/2018	04:30:00	0,042074	5
04/04/2018	04:45:00	0,176246	5
04/04/2018	05:00:00	0,091464	6
04/04/2018	05:15:00	0,117518	6
04/04/2018	05:30:00	0,251222	6
04/04/2018	05:45:00	0,350947	5
04/04/2018	06:00:00	0,260689	5
04/04/2018	06:15:00	0,099841	4
04/04/2018	06:30:00	0,105056	4
04/04/2018	06:45:00	0,127658	3
04/04/2018	07:00:00	0,147197	3
04/04/2018	07:15:00	0,044378	3
04/04/2018	07:30:00	0,055031	4
04/04/2018	07:45:00	0,114672	4
04/04/2018	08:00:00	0,176346	3
04/04/2018	08:15:00	0,058776	3
04/04/2018	08:30:00	0,040191	2
04/04/2018	08:45:00	0,040001	2
04/04/2018	09:00:00	0,370183	2
04/04/2018	09:15:00	0,227326	2
04/04/2018	09:30:00	0,176718	2
04/04/2018	09:45:00	0,13336	2
04/04/2018	10:00:00	0,182438	1
04/04/2018	10:15:00	0,27343	1
04/04/2018	10:30:00	0,099055	1
04/04/2018	10:45:00	0,079933	1

04/04/2018	11:00:00	0,120663	0
04/04/2018	11:15:00	0,214591	0
04/04/2018	11:30:00	0,21599	0
04/04/2018	11:45:00	0,276067	0
04/04/2018	12:00:00	0,344487	0
04/04/2018	12:15:00	0,234087	0
04/04/2018	12:30:00	0,191809	0
04/04/2018	12:45:00	0,184182	0
04/04/2018	13:00:00	0,129248	0
04/04/2018	13:15:00	0,251844	0
04/04/2018	13:30:00	0,072069	0
04/04/2018	13:45:00	0,040025	0
04/04/2018	14:00:00	0,045258	0
04/04/2018	14:15:00	0,178313	0
04/04/2018	14:30:00	0,070801	0
04/04/2018	14:45:00	0,039549	0
04/04/2018	15:00:00	0,04038	0
04/04/2018	15:15:00	0,165733	0
04/04/2018	15:30:00	0,089876	0
04/04/2018	15:45:00	0,040526	0
04/04/2018	16:00:00	0,040073	0
04/04/2018	16:15:00	0,144207	0
04/04/2018	16:30:00	0,116725	0
04/04/2018	16:45:00	0,039582	0
04/04/2018	17:00:00	0,10774	0
04/04/2018	17:15:00	0,198385	0
04/04/2018	17:30:00	0,150949	0
04/04/2018	17:45:00	0,039752	0
04/04/2018	18:00:00	0,039812	0
04/04/2018	18:15:00	0,093001	1
04/04/2018	18:30:00	0,209357	1
04/04/2018	18:45:00	0,092266	0
04/04/2018	19:00:00	0,039971	0
04/04/2018	19:15:00	0,073732	0
04/04/2018	19:30:00	0,173433	1
04/04/2018	19:45:00	0,053362	1
04/04/2018	20:00:00	0,505884	1
04/04/2018	20:15:00	0,375087	1
04/04/2018	20:30:00	0,285686	1
04/04/2018	20:45:00	0,132008	1
04/04/2018	21:00:00	0,133055	1
04/04/2018	21:15:00	0,166637	1
04/04/2018	21:30:00	0,266161	1
04/04/2018	21:45:00	0,150745	1
04/04/2018	22:00:00	0,133465	1
04/04/2018	22:15:00	0,137098	2
04/04/2018	22:30:00	0,302483	2
04/04/2018	22:45:00	0,252906	2

04/04/2018	23:00:00	0,441012	1
04/04/2018	23:15:00	0,401139	1
04/04/2018	23:30:00	0,653133	1
04/04/2018	23:45:00	0,310754	1
05/04/2018	00:00:00	0,283342	3
05/04/2018	00:15:00	0,204275	3
05/04/2018	00:30:00	0,282428	3
05/04/2018	00:45:00	0,170928	3
05/04/2018	01:00:00	0,051998	3
05/04/2018	01:15:00	0,051495	3
05/04/2018	01:30:00	0,130086	3
05/04/2018	01:45:00	0,125206	3
05/04/2018	02:00:00	0,041483	3
05/04/2018	02:15:00	0,041886	3
05/04/2018	02:30:00	0,120838	3
05/04/2018	02:45:00	0,132455	3
05/04/2018	03:00:00	0,042104	3
05/04/2018	03:15:00	0,041107	3
05/04/2018	03:30:00	0,107795	3
05/04/2018	03:45:00	0,196182	3
05/04/2018	04:00:00	0,120979	3
05/04/2018	04:15:00	0,062584	3
05/04/2018	04:30:00	0,10451	3
05/04/2018	04:45:00	0,144142	3
05/04/2018	05:00:00	0,041422	3
05/04/2018	05:15:00	0,041606	3
05/04/2018	05:30:00	0,095722	3
05/04/2018	05:45:00	0,156971	3
05/04/2018	06:00:00	0,041245	3
05/04/2018	06:15:00	0,041378	3
05/04/2018	06:30:00	0,078687	3
05/04/2018	06:45:00	0,177749	3
05/04/2018	07:00:00	0,173487	3
05/04/2018	07:15:00	0,214116	3
05/04/2018	07:30:00	0,185891	3
05/04/2018	07:45:00	0,166441	3
05/04/2018	08:00:00	0,041948	3
05/04/2018	08:15:00	0,041525	3
05/04/2018	08:30:00	0,194319	3
05/04/2018	08:45:00	0,21476	3
05/04/2018	09:00:00	0,152706	2
05/04/2018	09:15:00	0,233341	2
05/04/2018	09:30:00	0,350252	2
05/04/2018	09:45:00	0,266024	2
05/04/2018	10:00:00	0,107672	1
05/04/2018	10:15:00	0,203106	1
05/04/2018	10:30:00	0,149932	1
05/04/2018	10:45:00	0,233266	0

05/04/2018	11:00:00	0,0778	0
05/04/2018	11:15:00	0,060236	0
05/04/2018	11:30:00	0,125372	0
05/04/2018	11:45:00	0,232447	0
05/04/2018	12:00:00	0,117106	0
05/04/2018	12:15:00	0,044929	0
05/04/2018	12:30:00	0,044922	0
05/04/2018	12:45:00	0,12941	0
05/04/2018	13:00:00	0,161888	0
05/04/2018	13:15:00	0,045661	0
05/04/2018	13:30:00	0,045192	0
05/04/2018	13:45:00	0,081087	0
05/04/2018	14:00:00	0,18008	0
05/04/2018	14:15:00	0,076269	0
05/04/2018	14:30:00	0,045536	0
05/04/2018	14:45:00	0,044425	0
05/04/2018	15:00:00	0,165093	0
05/04/2018	15:15:00	0,122524	0
05/04/2018	15:30:00	0,094651	0
05/04/2018	15:45:00	0,124178	0
05/04/2018	16:00:00	0,154106	0
05/04/2018	16:15:00	0,165553	0
05/04/2018	16:30:00	0,045005	0
05/04/2018	16:45:00	0,045206	0
05/04/2018	17:00:00	0,074097	0
05/04/2018	17:15:00	0,180793	0
05/04/2018	17:30:00	0,072333	0
05/04/2018	17:45:00	0,044894	0
05/04/2018	18:00:00	0,044223	0
05/04/2018	18:15:00	0,177001	0
05/04/2018	18:30:00	0,103429	0
05/04/2018	18:45:00	0,045345	0
05/04/2018	19:00:00	0,04559	0
05/04/2018	19:15:00	0,143659	2
05/04/2018	19:30:00	0,272241	2
05/04/2018	19:45:00	0,241496	2
05/04/2018	20:00:00	0,145654	2
05/04/2018	20:15:00	0,220605	2
05/04/2018	20:30:00	0,357	2
05/04/2018	20:45:00	0,474055	2
05/04/2018	21:00:00	0,132468	2
05/04/2018	21:15:00	0,153732	1
05/04/2018	21:30:00	0,269048	2
05/04/2018	21:45:00	0,158725	2
05/04/2018	22:00:00	0,128334	2
05/04/2018	22:15:00	0,105079	2
05/04/2018	22:30:00	0,226757	2
05/04/2018	22:45:00	0,203224	2

05/04/2018	23:00:00	0,178259	2
05/04/2018	23:15:00	0,274906	2
05/04/2018	23:30:00	0,413008	2
05/04/2018	23:45:00	0,402778	2
06/04/2018	00:00:00	0,204094	3
06/04/2018	00:15:00	0,187131	3
06/04/2018	00:30:00	0,189888	3
06/04/2018	00:45:00	0,214106	3
06/04/2018	01:00:00	0,081316	3
06/04/2018	01:15:00	0,044864	3
06/04/2018	01:30:00	0,099199	3
06/04/2018	01:45:00	0,161254	3
06/04/2018	02:00:00	0,0394	3
06/04/2018	02:15:00	0,040384	3
06/04/2018	02:30:00	0,070252	3
06/04/2018	02:45:00	0,176889	3
06/04/2018	03:00:00	0,1328	3
06/04/2018	03:15:00	0,114705	3
06/04/2018	03:30:00	0,040345	3
06/04/2018	03:45:00	0,173406	3
06/04/2018	04:00:00	0,078542	3
06/04/2018	04:15:00	0,039846	3
06/04/2018	04:30:00	0,040214	3
06/04/2018	04:45:00	0,155114	3
06/04/2018	05:00:00	0,097479	3
06/04/2018	05:15:00	0,039957	3
06/04/2018	05:30:00	0,043523	4
06/04/2018	05:45:00	0,225794	4
06/04/2018	06:00:00	0,138286	4
06/04/2018	06:15:00	0,048116	3
06/04/2018	06:30:00	0,053346	3
06/04/2018	06:45:00	0,106379	2
06/04/2018	07:00:00	0,250551	2
06/04/2018	07:15:00	0,297081	2
06/04/2018	07:30:00	0,169662	2
06/04/2018	07:45:00	0,181688	3
06/04/2018	08:00:00	0,151243	3
06/04/2018	08:15:00	0,051109	3
06/04/2018	08:30:00	0,056119	4
06/04/2018	08:45:00	0,139044	3
06/04/2018	09:00:00	0,21522	3
06/04/2018	09:15:00	0,097863	3
06/04/2018	09:30:00	0,11355	3
06/04/2018	09:45:00	0,513222	2
06/04/2018	10:00:00	0,827596	2
06/04/2018	10:15:00	0,618204	1
06/04/2018	10:30:00	0,675646	1
06/04/2018	10:45:00	0,593189	2

06/04/2018	11:00:00	0,65669	2
06/04/2018	11:15:00	0,706646	3
06/04/2018	11:30:00	0,340654	3
06/04/2018	11:45:00	0,627208	3
06/04/2018	12:00:00	0,605225	2
06/04/2018	12:15:00	0,176186	2
06/04/2018	12:30:00	0,597939	1
06/04/2018	12:45:00	0,656294	1
06/04/2018	13:00:00	0,160253	1
06/04/2018	13:15:00	0,399678	1
06/04/2018	13:30:00	0,150939	1
06/04/2018	13:45:00	0,17756	1
06/04/2018	14:00:00	0,179151	1
06/04/2018	14:15:00	0,44293	1
06/04/2018	14:30:00	0,177185	1
06/04/2018	14:45:00	0,26382	1
06/04/2018	15:00:00	0,135613	1
06/04/2018	15:15:00	0,284551	1
06/04/2018	15:30:00	0,266379	1
06/04/2018	15:45:00	0,743837	1
06/04/2018	16:00:00	0,12722	1
06/04/2018	16:15:00	0,30293	1
06/04/2018	16:30:00	0,24011	1
06/04/2018	16:45:00	0,202234	1
06/04/2018	17:00:00	0,12196	1
06/04/2018	17:15:00	0,157764	1
06/04/2018	17:30:00	0,358613	1
06/04/2018	17:45:00	0,742792	1
06/04/2018	18:00:00	0,452851	1
06/04/2018	18:15:00	0,334722	1
06/04/2018	18:30:00	0,35834	0
06/04/2018	18:45:00	0,202991	0
06/04/2018	19:00:00	0,159244	0
06/04/2018	19:15:00	0,242993	0
06/04/2018	19:30:00	0,486401	0
06/04/2018	19:45:00	0,327999	0
06/04/2018	20:00:00	0,288132	0
06/04/2018	20:15:00	0,133398	0
06/04/2018	20:30:00	0,218368	2
06/04/2018	20:45:00	0,231813	2
06/04/2018	21:00:00	0,170321	2
06/04/2018	21:15:00	0,170425	2
06/04/2018	21:30:00	0,228981	2
06/04/2018	21:45:00	0,256887	1
06/04/2018	22:00:00	0,188329	1
06/04/2018	22:15:00	0,212698	1
06/04/2018	22:30:00	0,231086	1
06/04/2018	22:45:00	0,252198	2

06/04/2018	23:00:00	0,209367	2
06/04/2018	23:15:00	0,193565	2
06/04/2018	23:30:00	0,330385	2
06/04/2018	23:45:00	0,300477	1
07/04/2018	00:00:00	0,17103	4
07/04/2018	00:15:00	0,129246	4
07/04/2018	00:30:00	0,119904	4
07/04/2018	00:45:00	0,216002	5
07/04/2018	01:00:00	0,069961	5
07/04/2018	01:15:00	0,122907	5
07/04/2018	01:30:00	0,124571	5
07/04/2018	01:45:00	0,26397	5
07/04/2018	02:00:00	0,24654	5
07/04/2018	02:15:00	0,221259	5
07/04/2018	02:30:00	0,19099	5
07/04/2018	02:45:00	0,177659	5
07/04/2018	03:00:00	0,07935	5
07/04/2018	03:15:00	0,047889	5
07/04/2018	03:30:00	0,091664	5
07/04/2018	03:45:00	0,176513	5
07/04/2018	04:00:00	0,047583	5
07/04/2018	04:15:00	0,047785	5
07/04/2018	04:30:00	0,09021	5
07/04/2018	04:45:00	0,174805	5
07/04/2018	05:00:00	0,047694	5
07/04/2018	05:15:00	0,047864	5
07/04/2018	05:30:00	0,084006	5
07/04/2018	05:45:00	0,178373	5
07/04/2018	06:00:00	0,043425	5
07/04/2018	06:15:00	0,082624	5
07/04/2018	06:30:00	0,147012	4
07/04/2018	06:45:00	0,257656	4
07/04/2018	07:00:00	0,057642	4
07/04/2018	07:15:00	0,041726	4
07/04/2018	07:30:00	0,057434	4
07/04/2018	07:45:00	0,177664	4
07/04/2018	08:00:00	0,051553	4
07/04/2018	08:15:00	0,041581	4
07/04/2018	08:30:00	0,052655	4
07/04/2018	08:45:00	0,178024	4
07/04/2018	09:00:00	0,053095	4
07/04/2018	09:15:00	0,041724	4
07/04/2018	09:30:00	0,045581	4
07/04/2018	09:45:00	0,22038	4
07/04/2018	10:00:00	0,067627	4
07/04/2018	10:15:00	0,041423	3
07/04/2018	10:30:00	0,041301	3
07/04/2018	10:45:00	0,284569	3

07/04/2018	11:00:00	0,327451	3
07/04/2018	11:15:00	0,111079	3
07/04/2018	11:30:00	0,100252	3
07/04/2018	11:45:00	0,239982	3
07/04/2018	12:00:00	0,226417	2
07/04/2018	12:15:00	0,050494	2
07/04/2018	12:30:00	0,040862	0
07/04/2018	12:45:00	0,133906	0
07/04/2018	13:00:00	0,12525	0
07/04/2018	13:15:00	0,040954	0
07/04/2018	13:30:00	0,040811	0
07/04/2018	13:45:00	0,113398	0
07/04/2018	14:00:00	0,141592	0
07/04/2018	14:15:00	0,040871	0
07/04/2018	14:30:00	0,046197	1
07/04/2018	14:45:00	0,172489	1
07/04/2018	15:00:00	0,240765	1
07/04/2018	15:15:00	0,092873	1
07/04/2018	15:30:00	0,098552	1
07/04/2018	15:45:00	0,125997	1
07/04/2018	16:00:00	0,235152	1
07/04/2018	16:15:00	0,115538	1
07/04/2018	16:30:00	0,112143	1
07/04/2018	16:45:00	0,111198	1
07/04/2018	17:00:00	0,19465	0
07/04/2018	17:15:00	0,070441	0
07/04/2018	17:30:00	0,040808	0
07/04/2018	17:45:00	0,040629	0
07/04/2018	18:00:00	0,148308	0
07/04/2018	18:15:00	0,174978	0
07/04/2018	18:30:00	0,050192	0
07/04/2018	18:45:00	0,119495	0
07/04/2018	19:00:00	0,134175	0
07/04/2018	19:15:00	0,175214	0
07/04/2018	19:30:00	0,05129	0
07/04/2018	19:45:00	0,03943	0
07/04/2018	20:00:00	0,048979	0
07/04/2018	20:15:00	0,175188	0
07/04/2018	20:30:00	0,067611	1
07/04/2018	20:45:00	0,129532	1
07/04/2018	21:00:00	0,398969	1
07/04/2018	21:15:00	0,51206	1
07/04/2018	21:30:00	0,431886	1
07/04/2018	21:45:00	0,373611	1
07/04/2018	22:00:00	0,425844	1
07/04/2018	22:15:00	0,348433	1
07/04/2018	22:30:00	0,294732	1
07/04/2018	22:45:00	0,386452	1

07/04/2018	23:00:00	0,36018	0
07/04/2018	23:15:00	0,398703	0
07/04/2018	23:30:00	0,377086	3
07/04/2018	23:45:00	0,176322	4
08/04/2018	00:00:00	0,178485	2
08/04/2018	00:15:00	0,298658	2
08/04/2018	00:30:00	0,22897	2
08/04/2018	00:45:00	0,164943	2
08/04/2018	01:00:00	0,220966	2
08/04/2018	01:15:00	0,219713	2
08/04/2018	01:30:00	0,128974	2
08/04/2018	01:45:00	0,099166	2
08/04/2018	02:00:00	0,078733	2
08/04/2018	02:15:00	0,208055	2
08/04/2018	02:30:00	0,13437	2
08/04/2018	02:45:00	0,139045	2
08/04/2018	03:00:00	0,255657	2
08/04/2018	03:15:00	0,300674	2
08/04/2018	03:30:00	0,180902	2
08/04/2018	03:45:00	0,229435	2
08/04/2018	04:00:00	0,038581	2
08/04/2018	04:15:00	0,129162	2
08/04/2018	04:30:00	0,111771	2
08/04/2018	04:45:00	0,03833	2
08/04/2018	05:00:00	0,038511	2
08/04/2018	05:15:00	0,110338	2
08/04/2018	05:30:00	0,120244	2
08/04/2018	05:45:00	0,038036	2
08/04/2018	06:00:00	0,038057	2
08/04/2018	06:15:00	0,10334	1
08/04/2018	06:30:00	0,131815	1
08/04/2018	06:45:00	0,038099	1
08/04/2018	07:00:00	0,037974	1
08/04/2018	07:15:00	0,092999	1
08/04/2018	07:30:00	0,216985	1
08/04/2018	07:45:00	0,107084	1
08/04/2018	08:00:00	0,038371	1
08/04/2018	08:15:00	0,078977	1
08/04/2018	08:30:00	0,15321	1
08/04/2018	08:45:00	0,038093	1
08/04/2018	09:00:00	0,038106	1
08/04/2018	09:15:00	0,124926	1
08/04/2018	09:30:00	0,44301	1
08/04/2018	09:45:00	0,216703	2
08/04/2018	10:00:00	0,0978	1
08/04/2018	10:15:00	0,133957	0
08/04/2018	10:30:00	0,36235	1
08/04/2018	10:45:00	0,273704	0

08/04/2018	11:00:00	0,103187	0
08/04/2018	11:15:00	0,169826	0
08/04/2018	11:30:00	0,171063	0
08/04/2018	11:45:00	0,115727	0
08/04/2018	12:00:00	0,132598	0
08/04/2018	12:15:00	0,108643	0
08/04/2018	12:30:00	0,163939	0
08/04/2018	12:45:00	0,10678	0
08/04/2018	13:00:00	0,054516	0
08/04/2018	13:15:00	0,054426	0
08/04/2018	13:30:00	0,153474	0
08/04/2018	13:45:00	0,117531	0
08/04/2018	14:00:00	0,05454	0
08/04/2018	14:15:00	0,054534	0
08/04/2018	14:30:00	0,145276	0
08/04/2018	14:45:00	0,124855	0
08/04/2018	15:00:00	0,054681	0
08/04/2018	15:15:00	0,054512	0
08/04/2018	15:30:00	0,144011	0
08/04/2018	15:45:00	0,127977	0
08/04/2018	16:00:00	0,073366	0
08/04/2018	16:15:00	0,133195	0
08/04/2018	16:30:00	0,192861	0
08/04/2018	16:45:00	0,141591	0
08/04/2018	17:00:00	0,054676	0
08/04/2018	17:15:00	0,054581	0
08/04/2018	17:30:00	0,124935	0
08/04/2018	17:45:00	0,18578	0
08/04/2018	18:00:00	0,163092	0
08/04/2018	18:15:00	0,266092	0
08/04/2018	18:30:00	0,173229	0
08/04/2018	18:45:00	0,192468	0
08/04/2018	19:00:00	0,102605	0
08/04/2018	19:15:00	0,055274	0
08/04/2018	19:30:00	0,069285	0
08/04/2018	19:45:00	0,189428	0
08/04/2018	20:00:00	0,107958	0
08/04/2018	20:15:00	0,133625	0
08/04/2018	20:30:00	0,105506	0
08/04/2018	20:45:00	0,191906	0
08/04/2018	21:00:00	0,072522	0
08/04/2018	21:15:00	0,054721	0
08/04/2018	21:30:00	0,054655	0
08/04/2018	21:45:00	0,190901	0
08/04/2018	22:00:00	0,083145	0
08/04/2018	22:15:00	0,054637	2
08/04/2018	22:30:00	0,063155	2
08/04/2018	22:45:00	0,298505	2

08/04/2018	23:00:00	0,272292	3
08/04/2018	23:15:00	0,233071	3
08/04/2018	23:30:00	0,221166	2
08/04/2018	23:45:00	0,296408	2
09/04/2018	00:00:00	0,206898	1
09/04/2018	00:15:00	0,15332	3
09/04/2018	00:30:00	0,12925	3
09/04/2018	00:45:00	0,220198	3
09/04/2018	01:00:00	0,158345	3
09/04/2018	01:15:00	0,061129	3
09/04/2018	01:30:00	0,041244	3
09/04/2018	01:45:00	0,135884	3
09/04/2018	02:00:00	0,111401	3
09/04/2018	02:15:00	0,040434	3
09/04/2018	02:30:00	0,040172	3
09/04/2018	02:45:00	0,121648	3
09/04/2018	03:00:00	0,123337	3
09/04/2018	03:15:00	0,040153	3
09/04/2018	03:30:00	0,040088	3
09/04/2018	03:45:00	0,11204	3
09/04/2018	04:00:00	0,173085	3
09/04/2018	04:15:00	0,119792	3
09/04/2018	04:30:00	0,069847	3
09/04/2018	04:45:00	0,111037	3
09/04/2018	05:00:00	0,127499	3
09/04/2018	05:15:00	0,040068	3
09/04/2018	05:30:00	0,041299	3
09/04/2018	05:45:00	0,1084	3
09/04/2018	06:00:00	0,138586	3
09/04/2018	06:15:00	0,040072	3
09/04/2018	06:30:00	0,041022	3
09/04/2018	06:45:00	0,096302	3
09/04/2018	07:00:00	0,144065	4
09/04/2018	07:15:00	0,040345	4
09/04/2018	07:30:00	0,040135	4
09/04/2018	07:45:00	0,101969	4
09/04/2018	08:00:00	0,16975	4
09/04/2018	08:15:00	0,042379	3
09/04/2018	08:30:00	0,077889	3
09/04/2018	08:45:00	0,166015	3
09/04/2018	09:00:00	0,18037	2
09/04/2018	09:15:00	0,291764	2
09/04/2018	09:30:00	0,131798	3
09/04/2018	09:45:00	0,171555	2
09/04/2018	10:00:00	0,325195	2
09/04/2018	10:15:00	0,278498	2
09/04/2018	10:30:00	0,269789	2
09/04/2018	10:45:00	0,226501	2

09/04/2018	11:00:00	0,255898	2
09/04/2018	11:15:00	0,147684	2
09/04/2018	11:30:00	0,119358	2
09/04/2018	11:45:00	0,174082	2
09/04/2018	12:00:00	0,294114	1
09/04/2018	12:15:00	0,220443	1
09/04/2018	12:30:00	0,095563	1
09/04/2018	12:45:00	0,095441	0
09/04/2018	13:00:00	0,213448	1
09/04/2018	13:15:00	0,173603	1
09/04/2018	13:30:00	0,095249	1
09/04/2018	13:45:00	0,095198	1
09/04/2018	14:00:00	0,173853	1
09/04/2018	14:15:00	0,186418	1
09/04/2018	14:30:00	0,095443	1
09/04/2018	14:45:00	0,0952	1
09/04/2018	15:00:00	0,160165	1
09/04/2018	15:15:00	0,199301	1
09/04/2018	15:30:00	0,142058	1
09/04/2018	15:45:00	0,237509	1
09/04/2018	16:00:00	0,295064	1
09/04/2018	16:15:00	0,265784	1
09/04/2018	16:30:00	0,318622	1
09/04/2018	16:45:00	0,264518	1
09/04/2018	17:00:00	0,271483	1
09/04/2018	17:15:00	0,258202	1
09/04/2018	17:30:00	0,130851	1
09/04/2018	17:45:00	0,173979	1
09/04/2018	18:00:00	0,264276	1
09/04/2018	18:15:00	0,144922	1
09/04/2018	18:30:00	0,133401	1
09/04/2018	18:45:00	0,168937	1
09/04/2018	19:00:00	0,263982	1
09/04/2018	19:15:00	0,190109	2
09/04/2018	19:30:00	0,210289	2
09/04/2018	19:45:00	0,183325	2
09/04/2018	20:00:00	0,264697	2
09/04/2018	20:15:00	0,133458	2
09/04/2018	20:30:00	0,130244	2
09/04/2018	20:45:00	0,160408	2
09/04/2018	21:00:00	0,263695	2
09/04/2018	21:15:00	0,13891	2
09/04/2018	21:30:00	0,130692	2
09/04/2018	21:45:00	0,154205	2
09/04/2018	22:00:00	0,272369	2
09/04/2018	22:15:00	0,237177	2
09/04/2018	22:30:00	0,202831	3
09/04/2018	22:45:00	0,313792	3

09/04/2018	23:00:00	0,596933	2
09/04/2018	23:15:00	0,325782	2
09/04/2018	23:30:00	0,167075	2
09/04/2018	23:45:00	0,168312	2
10/04/2018	00:00:00	0,284993	3
10/04/2018	00:15:00	0,166488	3
10/04/2018	00:30:00	0,102172	3
10/04/2018	00:45:00	0,117958	3
10/04/2018	01:00:00	0,210006	3
10/04/2018	01:15:00	0,088501	4
10/04/2018	01:30:00	0,09491	4
10/04/2018	01:45:00	0,104813	4
10/04/2018	02:00:00	0,187181	4
10/04/2018	02:15:00	0,172947	4
10/04/2018	02:30:00	0,096734	3
10/04/2018	02:45:00	0,043819	3
10/04/2018	03:00:00	0,149102	4
10/04/2018	03:15:00	0,112034	4
10/04/2018	03:30:00	0,044597	4
10/04/2018	03:45:00	0,044757	4
10/04/2018	04:00:00	0,134733	4
10/04/2018	04:15:00	0,12141	4
10/04/2018	04:30:00	0,04487	4
10/04/2018	04:45:00	0,044885	4
10/04/2018	05:00:00	0,124509	4
10/04/2018	05:15:00	0,120918	4
10/04/2018	05:30:00	0,041221	4
10/04/2018	05:45:00	0,040406	4
10/04/2018	06:00:00	0,11457	4
10/04/2018	06:15:00	0,129227	4
10/04/2018	06:30:00	0,122055	4
10/04/2018	06:45:00	0,086208	4
10/04/2018	07:00:00	0,19913	4
10/04/2018	07:15:00	0,201851	4
10/04/2018	07:30:00	0,053528	4
10/04/2018	07:45:00	0,064037	4
10/04/2018	08:00:00	0,087403	4
10/04/2018	08:15:00	0,252286	3
10/04/2018	08:30:00	0,126371	3
10/04/2018	08:45:00	0,09728	3
10/04/2018	09:00:00	0,097759	3
10/04/2018	09:15:00	0,221675	3
10/04/2018	09:30:00	0,189755	3
10/04/2018	09:45:00	0,058165	2
10/04/2018	10:00:00	0,040015	1
10/04/2018	10:15:00	0,176913	1
10/04/2018	10:30:00	0,248104	1
10/04/2018	10:45:00	0,160737	1

10/04/2018	11:00:00	0,266068	1
10/04/2018	11:15:00	0,160513	1
10/04/2018	11:30:00	0,173003	1
10/04/2018	11:45:00	0,064306	1
10/04/2018	12:00:00	0,044944	1
10/04/2018	12:15:00	0,076723	0
10/04/2018	12:30:00	0,17399	0
10/04/2018	12:45:00	0,041847	0
10/04/2018	13:00:00	0,039242	0
10/04/2018	13:15:00	0,058126	0
10/04/2018	13:30:00	0,174146	0
10/04/2018	13:45:00	0,046729	0
10/04/2018	14:00:00	0,039159	0
10/04/2018	14:15:00	0,055307	0
10/04/2018	14:30:00	0,250092	0
10/04/2018	14:45:00	0,134242	0
10/04/2018	15:00:00	0,040013	0
10/04/2018	15:15:00	0,041307	0
10/04/2018	15:30:00	0,177954	0
10/04/2018	15:45:00	0,067965	0
10/04/2018	16:00:00	0,039071	0
10/04/2018	16:15:00	0,039056	0
10/04/2018	16:30:00	0,170951	0
10/04/2018	16:45:00	0,08654	0
10/04/2018	17:00:00	0,039184	0
10/04/2018	17:15:00	0,039119	0
10/04/2018	17:30:00	0,150226	0
10/04/2018	17:45:00	0,111283	0
10/04/2018	18:00:00	0,039073	0
10/04/2018	18:15:00	0,077726	0
10/04/2018	18:30:00	0,202684	0
10/04/2018	18:45:00	0,166043	0
10/04/2018	19:00:00	0,039488	0
10/04/2018	19:15:00	0,039496	0
10/04/2018	19:30:00	0,099877	0
10/04/2018	19:45:00	0,151794	0
10/04/2018	20:00:00	0,039425	0
10/04/2018	20:15:00	0,039407	0
10/04/2018	20:30:00	0,083464	0
10/04/2018	20:45:00	0,166494	0
10/04/2018	21:00:00	0,039574	0
10/04/2018	21:15:00	0,039531	0
10/04/2018	21:30:00	0,070133	0
10/04/2018	21:45:00	0,174112	0
10/04/2018	22:00:00	0,045115	0
10/04/2018	22:15:00	0,109848	0
10/04/2018	22:30:00	0,130644	1
10/04/2018	22:45:00	0,209629	1

10/04/2018	23:00:00	0,184532	1
10/04/2018	23:15:00	0,190929	1
10/04/2018	23:30:00	0,190988	1
10/04/2018	23:45:00	0,315141	2
11/04/2018	00:00:00	0,235773	3
11/04/2018	00:15:00	0,192949	3
11/04/2018	00:30:00	0,177966	3
11/04/2018	00:45:00	0,27706	3
11/04/2018	01:00:00	0,216751	3
11/04/2018	01:15:00	0,100035	3
11/04/2018	01:30:00	0,127524	3
11/04/2018	01:45:00	0,17042	3
11/04/2018	02:00:00	0,122335	3
11/04/2018	02:15:00	0,045746	3
11/04/2018	02:30:00	0,045273	3
11/04/2018	02:45:00	0,129088	3
11/04/2018	03:00:00	0,130141	3
11/04/2018	03:15:00	0,045239	3
11/04/2018	03:30:00	0,043403	3
11/04/2018	03:45:00	0,113347	3
11/04/2018	04:00:00	0,138446	3
11/04/2018	04:15:00	0,039237	3
11/04/2018	04:30:00	0,039549	3
11/04/2018	04:45:00	0,095916	3
11/04/2018	05:00:00	0,149809	3
11/04/2018	05:15:00	0,048085	3
11/04/2018	05:30:00	0,119206	3
11/04/2018	05:45:00	0,147204	3
11/04/2018	06:00:00	0,171884	3
11/04/2018	06:15:00	0,164131	3
11/04/2018	06:30:00	0,20205	3
11/04/2018	06:45:00	0,186143	3
11/04/2018	07:00:00	0,180834	3
11/04/2018	07:15:00	0,110837	3
11/04/2018	07:30:00	0,039921	3
11/04/2018	07:45:00	0,039487	3
11/04/2018	08:00:00	0,174168	3
11/04/2018	08:15:00	0,098585	3
11/04/2018	08:30:00	0,041103	2
11/04/2018	08:45:00	0,063903	2
11/04/2018	09:00:00	0,227343	2
11/04/2018	09:15:00	0,151155	2
11/04/2018	09:30:00	0,134012	2
11/04/2018	09:45:00	0,329835	2
11/04/2018	10:00:00	0,264738	1
11/04/2018	10:15:00	0,210638	1
11/04/2018	10:30:00	0,100505	0
11/04/2018	10:45:00	0,10009	0

11/04/2018	11:00:00	0,170652	0
11/04/2018	11:15:00	0,170495	0
11/04/2018	11:30:00	0,12251	0
11/04/2018	11:45:00	0,187947	0
11/04/2018	12:00:00	0,288534	0
11/04/2018	12:15:00	0,191847	0
11/04/2018	12:30:00	0,039133	0
11/04/2018	12:45:00	0,039062	0
11/04/2018	13:00:00	0,112202	0
11/04/2018	13:15:00	0,138149	0
11/04/2018	13:30:00	0,118091	0
11/04/2018	13:45:00	0,109252	0
11/04/2018	14:00:00	0,101911	0
11/04/2018	14:15:00	0,14841	0
11/04/2018	14:30:00	0,039052	0
11/04/2018	14:45:00	0,039041	0
11/04/2018	15:00:00	0,079906	0
11/04/2018	15:15:00	0,169146	0
11/04/2018	15:30:00	0,039144	0
11/04/2018	15:45:00	0,039117	0
11/04/2018	16:00:00	0,069758	0
11/04/2018	16:15:00	0,173103	0
11/04/2018	16:30:00	0,050621	0
11/04/2018	16:45:00	0,039244	0
11/04/2018	17:00:00	0,05448	0
11/04/2018	17:15:00	0,176526	0
11/04/2018	17:30:00	0,067432	0
11/04/2018	17:45:00	0,052557	0
11/04/2018	18:00:00	0,11867	0
11/04/2018	18:15:00	0,234127	0
11/04/2018	18:30:00	0,084585	0
11/04/2018	18:45:00	0,039405	0
11/04/2018	19:00:00	0,039314	0
11/04/2018	19:15:00	0,155125	0
11/04/2018	19:30:00	0,100402	0
11/04/2018	19:45:00	0,039443	0
11/04/2018	20:00:00	0,039486	0
11/04/2018	20:15:00	0,137469	0
11/04/2018	20:30:00	0,116077	0
11/04/2018	20:45:00	0,039238	0
11/04/2018	21:00:00	0,039266	0
11/04/2018	21:15:00	0,122478	0
11/04/2018	21:30:00	0,124852	0
11/04/2018	21:45:00	0,038903	0
11/04/2018	22:00:00	0,039172	0
11/04/2018	22:15:00	0,128372	0
11/04/2018	22:30:00	0,214843	0
11/04/2018	22:45:00	0,102046	0

11/04/2018	23:00:00	0,038928	1
11/04/2018	23:15:00	0,103049	1
11/04/2018	23:30:00	0,244867	1
11/04/2018	23:45:00	0,168572	2
12/04/2018	00:00:00	0,175406	2
12/04/2018	00:15:00	0,222012	2
12/04/2018	00:30:00	0,315423	2
12/04/2018	00:45:00	0,11636	2
12/04/2018	01:00:00	0,060695	2
12/04/2018	01:15:00	0,07565	3
12/04/2018	01:30:00	0,176325	3
12/04/2018	01:45:00	0,126541	3
12/04/2018	02:00:00	0,171286	3
12/04/2018	02:15:00	0,11091	3
12/04/2018	02:30:00	0,174719	3
12/04/2018	02:45:00	0,062068	3
12/04/2018	03:00:00	0,04547	3
12/04/2018	03:15:00	0,045541	3
12/04/2018	03:30:00	0,182299	3
12/04/2018	03:45:00	0,078209	3
12/04/2018	04:00:00	0,045534	3
12/04/2018	04:15:00	0,045563	3
12/04/2018	04:30:00	0,164767	3
12/04/2018	04:45:00	0,087821	3
12/04/2018	05:00:00	0,045691	3
12/04/2018	05:15:00	0,04556	3
12/04/2018	05:30:00	0,157624	3
12/04/2018	05:45:00	0,091254	3
12/04/2018	06:00:00	0,04096	3
12/04/2018	06:15:00	0,040015	3
12/04/2018	06:30:00	0,138464	3
12/04/2018	06:45:00	0,180249	3
12/04/2018	07:00:00	0,117706	3
12/04/2018	07:15:00	0,039766	3
12/04/2018	07:30:00	0,132406	3
12/04/2018	07:45:00	0,111964	3
12/04/2018	08:00:00	0,040342	3
12/04/2018	08:15:00	0,039659	3
12/04/2018	08:30:00	0,123774	3
12/04/2018	08:45:00	0,124609	3
12/04/2018	09:00:00	0,068372	3
12/04/2018	09:15:00	0,041021	2
12/04/2018	09:30:00	0,115982	2
12/04/2018	09:45:00	0,143451	2
12/04/2018	10:00:00	0,224491	2
12/04/2018	10:15:00	0,136128	2
12/04/2018	10:30:00	0,147987	1
12/04/2018	10:45:00	0,288324	1

12/04/2018	11:00:00	0,17245	1
12/04/2018	11:15:00	0,241617	1
12/04/2018	11:30:00	0,104144	1
12/04/2018	11:45:00	0,226622	1
12/04/2018	12:00:00	0,118436	2
12/04/2018	12:15:00	0,150244	2
12/04/2018	12:30:00	0,12018	1
12/04/2018	12:45:00	0,281491	1
12/04/2018	13:00:00	0,240354	0
12/04/2018	13:15:00	0,253354	0
12/04/2018	13:30:00	0,209608	0
12/04/2018	13:45:00	0,328036	0
12/04/2018	14:00:00	0,227565	0
12/04/2018	14:15:00	0,245531	0
12/04/2018	14:30:00	0,049784	0
12/04/2018	14:45:00	0,174313	0
12/04/2018	15:00:00	0,079722	0
12/04/2018	15:15:00	0,039474	0
12/04/2018	15:30:00	0,039513	0
12/04/2018	15:45:00	0,172601	0
12/04/2018	16:00:00	0,09219	0
12/04/2018	16:15:00	0,039263	1
12/04/2018	16:30:00	0,042634	1
12/04/2018	16:45:00	0,208608	1
12/04/2018	17:00:00	0,183254	1
12/04/2018	17:15:00	0,175302	1
12/04/2018	17:30:00	0,176639	1
12/04/2018	17:45:00	0,177573	1
12/04/2018	18:00:00	0,207387	1
12/04/2018	18:15:00	0,098477	1
12/04/2018	18:30:00	0,101552	2
12/04/2018	18:45:00	0,172862	2
12/04/2018	19:00:00	0,248717	2
12/04/2018	19:15:00	0,145332	2
12/04/2018	19:30:00	0,315838	2
12/04/2018	19:45:00	0,251595	2
12/04/2018	20:00:00	0,356623	2
12/04/2018	20:15:00	0,410211	2
12/04/2018	20:30:00	0,258692	3
12/04/2018	20:45:00	0,460465	3
12/04/2018	21:00:00	0,473078	3
12/04/2018	21:15:00	0,363593	3
12/04/2018	21:30:00	0,33753	3
12/04/2018	21:45:00	0,338372	3
12/04/2018	22:00:00	0,556694	3
12/04/2018	22:15:00	0,378867	3
12/04/2018	22:30:00	0,171571	3
12/04/2018	22:45:00	0,339633	2

12/04/2018	23:00:00	0,450012	2
12/04/2018	23:15:00	0,272135	2
12/04/2018	23:30:00	0,20872	2
12/04/2018	23:45:00	0,182052	2