

SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO MICROCONTROLADO

**Samuel Anderson Pereira¹, Patrícia Helena Milane², Jaciara Silva Carosia³,
Jean Miler Scatena⁴**

¹ Discente do Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas /
samuel.pereira@fatec.sp.gov.br

² Discente do Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas /
patricia.milane@fatec.sp.gov.br

³ Docente do Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas /
jaciara.carosia@fatec.sp.gov.br

⁴ Docente do Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas /
jean.scatena@fatec.sp.gov.br

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar um estudo sobre a viabilidade de elaboração e execução de um sistema de climatização automático, apresentando as premissas básicas do sistema, seus componentes, e um aprofundamento em lógicas de controle, bem como o tratamento estatísticos dos dados percebidos pelo sensoriamento. O desenvolvimento iniciou-se a partir de sensores de temperatura e umidade distribuídos em locais específicos do ambiente, que permitem realizar a leitura desses pontos e o enviam ao Arduino. O sistema em microcontrolador foi capaz de operar de maneira autônoma em funções do ar-condicionado e umidificador, permitindo ao sistema controlar as variáveis do ambiente, apresentadas graficamente neste estudo.

Palavras-chave: Sistema de controle; temperatura e umidade; climatização especializada.

1 INTRODUÇÃO

Um sistema de controle programável é aquele que busca executar tarefas através de uma unidade de processamento, interfaces de entrada e saída e memória (CARVALHO, 2005 citado por SELESKI e ARAÚJO, 2006), fazendo com que determinadas condições do sistema assumam os valores desejados, seguindo uma trajetória ou referência, conforme a necessidade.

Seguindo este princípio, objetiva-se neste trabalho desenvolver um sistema que atue de forma a garantir as condições ideais dentro de um ambiente destinado a arquivar documentos físicos, para atender os padrões recomendados no manual do arquivo do Estado de São Paulo, que determina que o ambiente do Arquivo seja o

mais próximo possível de 20°C e a umidade relativa de 45% a 50%, evitando-se de todas as formas oscilações de 3°C de temperatura e 10% de umidade relativa (CASSARES, 2000).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sistemas de Controle

Um sistema de controle é uma interconexão de componentes formando uma configuração que a partir dela produzirá uma resposta, e sua maior vantagem é a oportunidade de controlar máquinas e processos para o benefício da sociedade de forma útil e principalmente econômica (DORF E BISHOP, 2001).

Segundo Dorf e Bishop (2009), existem registros históricos datados em 300 a.c. sobre um relógio de água de Ktesíbuos, que funcionava por meio de um mecanismo regulador de boia, concepção do que mais tarde seria conhecido como sistemas de controle automatizados (LIMA, 2019).

A partir da Revolução Industrial, os sistemas automatizados deram um grande salto e vem crescendo conforme a necessidade do mercado, trazendo vantagem às empresas que fazem seu uso, pois proporciona uma produção maior com um custo de produção menor (LUCENA, 2003).

Um sistema em que o sinal de erro realimenta o controlador para minimizar erros e ajustar o valor de saída, é conhecido como sistema de malha fechada. Nesse sistema, são utilizados sensores que medem a resposta da saída e em seguida convertem o sinal para o controlador. O erro é a diferença do valor desejado com o valor medido na saída do sistema, e é tratado pelo controlador que fará a ação de controle para atenuá-lo (NISE, 2011 citado por BORGES, 2016).

2.2 Controladores

Um controlador é um dispositivo físico, podendo ser eletrônico, elétrico, mecânico, hidráulico, entre outros, ou mesmo combinações destes que, introduzido a um determinado sistema visa a modificação de sua dinâmica e manipulação de entrada e saída atuando sobre um ou mais parâmetros, com o objetivo de satisfazer

certas especificações com relação a sua resposta (OGATA, 1993 citado por ARAÚJO, 2007).

O controlador eletrônico é o mais comumente usado, e seus sinais não elétricos são, normalmente, transformados em sinais elétricos através de transdutores, e sendo circuitos simples, formados basicamente por amplificadores operacionais, são de fácil implementação prática e possuem baixo custo (OLIVEIRA, MOTTA E EIFLER, 2019).

Os microcontroladores, encontrados na maioria dos equipamentos modernos, são dispositivos de tamanho reduzido que são capazes de realizar controle de máquinas e equipamentos eletroeletrônicos através de programas. Esses dispositivos reúnem, em um único circuito integrado, diversos componentes de um sistema computacional simplificado. Por se tratar de um componente programável, é bem versátil, podendo ser empregado em aplicações das mais diversas (CORTELETTI, 2006 citado por AMORIM, 2011).

2.3 Arduino

O Arduino é uma plataforma baseada em um microcontrolador da empresa Atmel (AMORIM, 2011), e foi originalmente projetado como um recurso para auxiliar estudantes no ensino. Em 2005 foi lançado comercialmente por Massimo Banzi e David Cuartielles, tornando-se um produto de sucesso entre fabricantes e estudantes devido a sua fácil utilização e a durabilidade que ele proporciona (MONK, 2013 citado por CAMPOS, 2014).

Ele é formado principalmente por 2 componentes básicos: a placa Arduino, que é o elemento de hardware utilizado para construir seus objetos, e a IDE (Integrated Development Environment), que é um programa executado no computador por onde escrevemos o código e que fará o upload para a placa Arduino (BANZI, 2010 citado por CAMPOS, 2014).

Projetos do Arduino possuem o código já compilado em seu chip, permitindo serem utilizados como standalone ou podem se comunicar com software rodando em um computador (WANZELER, 2015).

A linguagem do Arduino permite a interação com diversos periféricos, podendo ser sensores de luz, de som, ultrassom, infravermelho e outros tipos de motores, além de funcionar em vários sistemas operacionais (ARDUINO, 2010 citado por AMORIM,

2011). Utilizando a linguagem C, a plataforma acrescenta dezenas de funções e métodos que facilitam a programação de dispositivos físicos e permitem a interface com esses dispositivos externos, como atuadores e sensores (AMORIM, 2011).

Ele é constituído por uma placa única com suporte de entrada/saída, e permite captar informações do ambiente através da porta de entrada, tornando possível integrar atuadores com o meio externo. Possui uma interface serial ou USB para interligá-lo a outras placas ou sistemas. Essa interface permite que o Arduino seja programado e que interaja com o ambiente em tempo real (WANZELER, 2015).

2.4 Filtro de Kalman

O Filtro de Kalman é um filtro estatístico que possibilita estimar o estado de sistemas de medições que apresentam ruídos e incertezas indesejadas. Essa estimativa é possível a partir de algoritmos recursivos, que minimizam médias de erro através de medidas do instante atual e do cálculo do estado anterior (ANJOS, 2017), ou seja, as equações de atualização das medidas dos estados obtidos incorporam uma nova informação nas estimativas anteriores para adquirir melhorias na estimativa de medição posterior (DIAS, 2017).

A origem do Filtro de Kalman se deu em 1960 por Rudolf Kalman, que publicou a solução recursiva para o problema de filtragem linear de dados discretos (ROCHA, 2019), sendo ele baseado em ferramentas estatísticas e equações recursivas, para predição e atualização dos estados, estimador em forma de espaço de estados e medição da saída do processo, com o objetivo de estimar estados de maneira mais precisa (PAULA, 2016).

O filtro de Kalman é muito estudado e seu crescimento em diversas áreas se deu principalmente pelos avanços na computação digital (PAULA, 2016). Ele é utilizado em várias aplicações em engenharia e econometria, desde radar e visão computacional até modelos macroeconômicos (NEPOMUCENO, 2017).

O engenheiro da Nasa, Stanley F. Shimidt que trabalhava no projeto Apollo, foi um dos responsáveis pela sua primeira aplicação prática. No projeto, ele buscava resolver problemas como estimar a trajetória da nave e tornou o Filtro de Kalman parte do sistema de controle da Apollo, e desde então ele vem sendo usado em sistemas on-boards de estimação de trajetória e controle em aeronaves (LAIA, 2007).

2.5 Lógica Fuzzy

O conceito de fuzzy foi introduzido em 1965 na Universidade de Berkeley, Califórnia por Lotfi A. Zadeh, reconhecido como grande colaborador da lógica, do controle moderno e da inteligência artificial. Zadeh observou que os recursos tecnológicos eram incapazes de automatizar atividades realizadas por humanos que se encontrassem em situações ambíguas (SANTOS, 2014).

O método fuzzy permite caracterizar padrões em conjunto de elementos cujo limites não sejam bem definidos, por isso esse método é recomendado em situações em que exista a necessidade de lidar com informações com diversas interpretações e ambivalência de modelos matemáticos ou conceituais (MOREIRA E REIS, 2006).

O mapeamento da entrada de números reais para o domínio fuzzy é chamado de fuzzificação, sendo então uma espécie de pré-processamento dos sinais de entrada, que reduz o número de valores a serem processados. De acordo com Correa e Baessa (2007), citado por Santos (2014), a estratégia de fuzzificação a ser utilizada é definida a partir do tipo de inferência utilizado, e que a base de conhecimento é composta pelas bases de regras e base de dados, sendo a base de regras o conjunto de regras que descrevem o sistema, sendo: se (entrada) - então (saída), sendo eles a regra antecedente e a consequente, respectivamente.

Na defuzzificação, o valor da variável linguística de saída inferida pelas regras Fuzzy será traduzido num valor discreto. O objetivo é obter-se um único valor numérico discreto que melhor represente os valores Fuzzy inferidos da variável linguística de saída, ou seja, a distribuição de possibilidades. Assim, a defuzzificação é uma transformação inversa que traduz a saída do domínio Fuzzy para o domínio discreto (MONTINI, 2006).

2.6 Análise Estatística

Estatística é um campo do estudo focado na produção de metodologia para coleta, organização, descrição, análise, interpretação de dados e na tomada de decisões baseadas em tais análises (SILVA, FERNANDES E ALMEIDA, 2015). Suas aplicações são utilizadas em todo o campo de estudo, trazendo benefícios como controle de qualidade, diminuição de custos, controle de doenças, controle de polui

ção, estimativas de população etc. (SHIGUTI E SHIGUTI, 2006). É possível utilizar dados amostrais para estimar valores de parâmetros populacionais desconhecidos, e métodos como o cálculo da média e o desvio padrão são muito utilizados; para incluir uma estimativa intervalar é utilizado o Intervalo de confiança (SOUZA, 2008).

2.7 Média

A média aritmética é o conceito da matemática mais utilizado na vida cotidiana das pessoas, em diversos ambientes fazemos uso da média ou a comparação entre médias. Ela é o conceito mais básico da estatística e da ciência experimental (POLLATSEK, LIMA E WELL, 1981 citado por LEITE, 2014). Uma concepção importante sobre a média se refere a ela como um ponto de equilíbrio, pois ela é uma medida que resume e representa um conjunto de dados em um único valor (CARZOLA E SANTNA, 2006 citado por LEITE, 2014). Dessa forma, a média nos permite fazer interpretações quando é utilizada na comparação de dois ou mais grupos, constatando qual é o grupo com resultados mais ou menos elevados.

Basicamente, para realizar seu cálculo, faz-se a soma dos valores presentes na amostra que se deseja achar a média, e divide-se seu resultado pelo número total de valores somados (FEIJOO, 2010).

$$X_i = \frac{X_1 + X_2 + X_3 \dots X_n}{N}$$

2.8 Desvio Padrão

O desvio padrão é uma medida de variabilidade ou dispersão que visa descrever os dados no sentido de informar o grau de regularidade existente em um conjunto de dados, observados em torno de um valor central representativo chamado média. Informa se um conjunto de dados é homogêneo (pouca variabilidade) ou heterogêneo (muita variabilidade) (LOPES, 2003).

A noção de desvio padrão foi criada para dizer o quanto os valores dos quais se extraiu a média são próximos ou distantes da própria média, sendo um parâmetro muito usado em estatística (WOLFFENBUTTEL, 2006).

3 METODOLOGIA

Para a elaboração do presente trabalho foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre sistema de controle e controladores, Arduino, Filtro de Kalman, lógica Fuzzy, análise estatística, média e desvio padrão. Em seguida foi desenvolvido um sistema de climatização microcontrolado que utilizou: sensores de temperatura e umidade, um microprocessador (Arduino), algoritmo do filtro de Kalman, controlador, banco de dados. O sistema também utiliza cálculos como desvio padrão, variância e lógica fuzzy. Além disso, o sistema conta com atuadores que permitem o controle do ar-condicionado e do umidificador.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a construção do Sistema de Climatização Autocontrolado foram utilizados os materiais que estão organizados em forma de uma Planilha Orçamentária, conforme Tabela 1, para que dessa forma pudessem atender aos requisitos de legalidade do projeto, entretanto esse artigo não se propõe a fazer a análise de custos do projeto, e sim verificar sua viabilidade técnica.

Tabela 1 - Planilha Orçamentária

Nº	Item	Preço A	Preço B	Preço C	Média	QTD	Total Item:
1	Bateria Lir-2032 Lir2032 Lir 2032 3.6v					1	
2	Módulo Rtc Real Time Clock Ds3231					1	
3	Módulo Receptor Infravermelho Ir Vs1838b					2	
4	Led Sensor Emissor Infravermelho IR - 5mm					2	
5	Cristal Oscilador 16MHz					1	
6	Microcontrolador ATmega328P					2	
7	Soquete Torneado 28 Pinos					2	
8	Kit Resistor 100R 1/4W					1	

9	Kit Resistor 1K 1/4W					1	
10	Kit Resistor 10R 1/4W					1	
11	Kit Resistor 330R 1/4W					1	
12	Kit Resistor 10K 1/4W					1	
13	Kit Resistor 220R 1/4W					1	
14	Kit Diodo Retificador 1n4007					1	
15	Diodo Zener 5v1 5,1v 1/2w					4	
16	Diodo Zener 5v1 5,1v 1w					4	
17	Capacitor Disco Cerâmico 15pF x 50V					4	
18	Capacitor Disco Cerâmico 22pF x 50V					4	
19	Capacitor Disco Cerâmico 100nF x 50V					4	
20	Capacitor Eletrolítico 220uF x 50V					4	
21	Capacitor Eletrolítico 47uF x 50V					4	
22	L7805C Regulador de Tensão 5V					4	
23	Transistor SCR TIC106D					4	
24	Placa de Fibra de Vidro Cobreada Simples 10x10 cm					2	
25	Barra de Pinos Macho 1x40 - 180°					1	
26	Push Button (Chave Táctil) 6x6x6mm					2	
27	Percloroeto de Ferro Líquido					1	
28	Fusível de Vidro 5x20 1A					2	
29	Porta Fusível para Painel					1	

30	Display LCD 16x2 I2C					1	
31	CD4066					1	
32	Fonte de Alimentação Chaveada 12VDC 2A					1	
33	ESP32 NodeMCU lot com WiFi					1	
34	Jack P4					1	
35	Conector Borne KRE 12mm 3 vias					3	
36	Filamento Abs Premium 1.75mm 1kg					1	
37	Push Button NA 16mm					4	
38	Conector Fêmea para Jumper					20	
39	Sensor De Umidade E Temperatura Dht11					2	
40	Kit de Parafusos de Fenda e Porcas M3					1	
Total (Valor Médio):							

Fonte: Elaborado pelos autores.

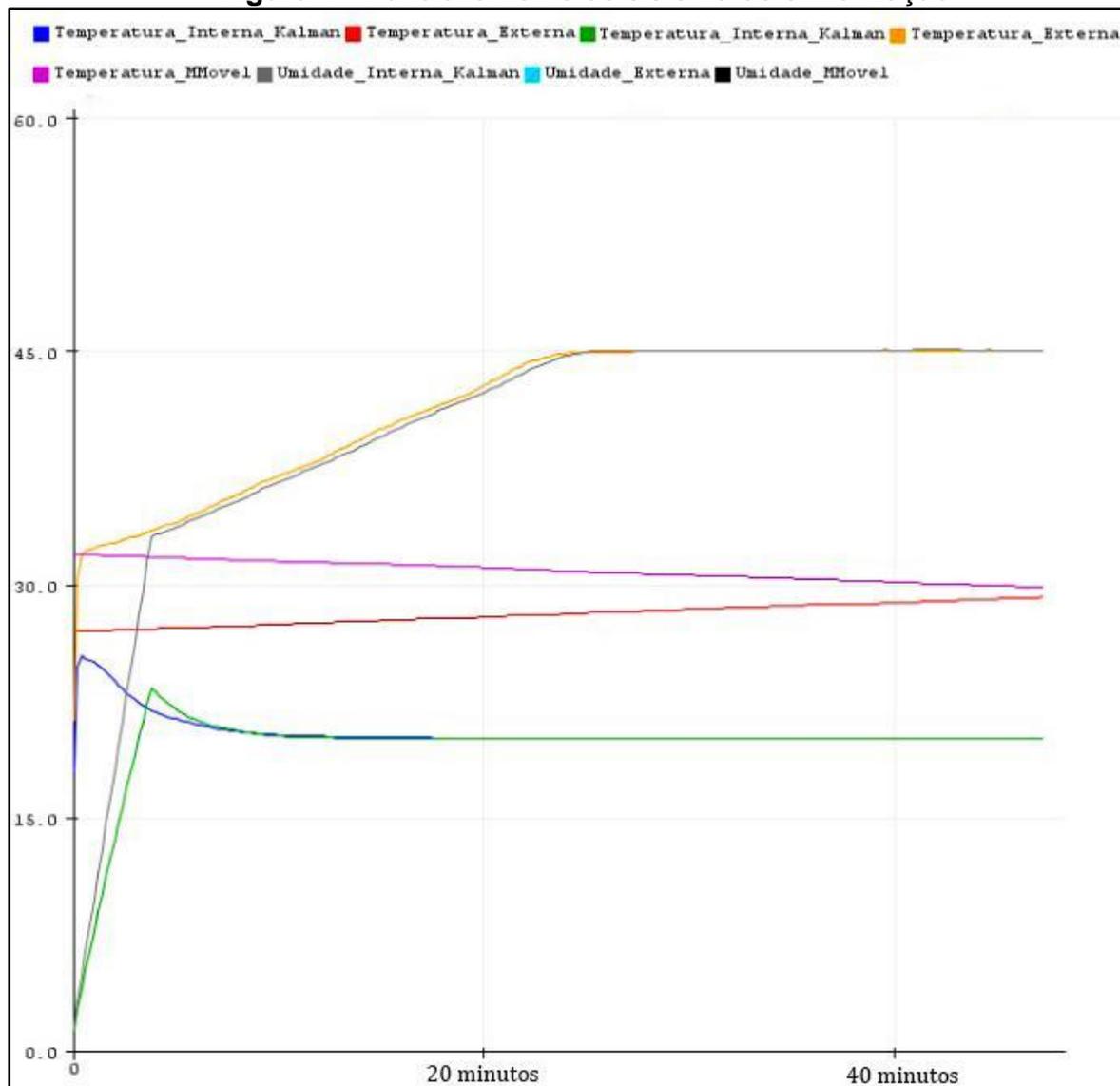
4.1 Análise de Funcionamento

O desenvolvimento do sistema iniciou-se a partir de sensores de temperatura e umidade distribuídos em pontos específicos do ambiente, que realizam a leitura desses pontos e enviam os dados coletados ao microprocessador (Arduino). Ao obter essas leituras, será realizada a filtragem das mesmas através do algoritmo do filtro de Kalman, a fim de eliminar ruídos e enviar dados mais concisos para a análise estatística que, por sua vez, irá determinar o intervalo de confiança dos dados bem como seu desvio padrão e variância. Depois de tratados, os dados são enviados ao controlador para a geração de relatórios que, posteriormente, serão arquivados no banco de dados do sistema. O sistema utilizará lógica fuzzy, um ramo de controle inteligente que permite uma graduação desde falso a verdadeiro, permitindo que um sistema de climatização reconheça os estados “quente” e “frio” (SOUSA E OLIVEIRA, 2016).

Após esse processo, o sistema enviará aos atuadores uma instrução que permitirá o controle do ar-condicionado e do umidificador para que respondam com a climatização necessária naquele momento.

O gráfico a seguir (figura 1) demonstra o funcionamento do sistema, ativado em um ambiente sem climatização prévia. É possível observar que, dado um período curto de tempo (30 minutos), o sistema já havia atingido as condições ideais de temperatura e umidade interna. Os valores apresentados são a temperatura e umidade interna, filtrada pelo filtro de Kalman, a temperatura e umidade externa, para comparar com os valores internos, e as respectivas médias móveis, para detectar variações bruscas.

Nota-se também que a curva da temperatura interna é mais acentuada no começo da operação, e vai ficando mais tangente a temperatura alvo (20°C) à medida que o tempo passa. Em contrapartida a curva de alteração da umidade forma uma reta. Essa diferença de comportamento se deve a aplicação da lógica fuzzy no controle da temperatura, enquanto o controle da umidade só pode alternar entre dois estados, ligado e desligado.

Figura 1 - Funcionamento do sistema de climatização

Fonte: Elaborado pelos autores.

A velocidade de adaptação do sistema perante as condições ideais depende de alguns fatores inerentes ao protótipo, como por exemplo potência do ar-condicionado, modelo, volume de umidade que o umidificador é capaz de dispersar no ambiente, e tamanho e condições do próprio do local, sendo estes então aspectos a serem considerados na implantação do sistema.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do sistema de climatização automático envolveu conhecimentos específicos e complexos em diferentes campos, como lógica de controle, lógica de transmissão de dados a partir de sinais infravermelhos, e sistema de comunicação serial, por exemplo.

Até o presente momento, o sistema se mostrou viável frente aos testes realizados para desenvolvimento deste estudo; para a constatação de sua viabilidade, é necessário reproduzir os testes considerando longos períodos de tempo, analisando se o sistema se mantém consistente e praticável para o que foi desenvolvido, e adaptando conforme necessidade, o que pode ser abordado em estudos futuros.

A proposta do presente estudo apresenta uma solução para suprir a demanda de conservação de Arquivos Públicos, porém, o sistema desenvolvido se demonstrou satisfatório para uso em diversos ambientes que necessitem de um espaço climatizado e automatizado. Algumas instalações que podem se beneficiar do seu uso são hotéis, hospedagens em geral, estufas, granjas de criação animal, armazéns, laboratórios, hospitais, entre outros, sendo também potenciais aplicações futuras para o projeto em questão.

REFERÊNCIAS

AMORIM, A. F. **Robô Seguidor de Linha Autônomo Utilizando o Controlador Proporcional-Derivativo em uma Plataforma de Hardware / Software Livre.** Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2011. Disponível em: <http://www2.uesb.br/computacao/wp-content/uploads/2014/09/rob%c3%94-seguidor-de-linha-aut%c3%94-nomo-utilizando-o-controlador-proporcional-derivativo-em-uma-plataforma-de-hardware-software-livre.pdf>. Acesso em: 15 out. 2021.

ANJOS, J. H. P. **Técnicas de fusão de sensores aplicadas à construção e melhoria de desempenho de sistemas de medição.** Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2017. Disponível em: https://www2.dee.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/18/2017/11/TCC_2017_1_JHPAnjos.pdf. Acesso em: 21 ago. 2021.

ARAÚJO, F. M. U. **Sistemas de Controle.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2007. Disponível em: <https://www.dca.ufrn.br/~meneghet/FTP/Controle/scv20071.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2021.

BORGES, M. M. **Sistema didático para aplicação de técnicas de Controle**. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2016. Disponível em: <https://www.eng-automacao.araxa.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/152/2018/01/Trabalho-de-Conclus%C3%A3o-de-Curso-Matheus-Melo-Borges-vers%C3%A3o-final.pdf> . Acesso em: 21 ago. 2021.

CAMPOS, R. A. F. **Automação Residencial Utilizando Arduino e Aplicação Web**. UniCEUB, 2014. Disponível em: https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/5461/1/Monografia_Roberto.pdf. Acesso em: 26 out. 2021.

CASSARES, N. C. **Como Fazer Conservação Preventiva em Arquivos e Bibliotecas, Arquivo do Estado**. Imprensa Oficial São Paulo, 2000. Disponível em: https://www.arqsp.org.br/arquivos/oficinas_colecao_como_fazer/cf5.pdf. Acesso em: 26 set. 2021.

DIAS, A. N. S. R. **Controle de um reator de polimerização de propeno utilizando filtro de partículas e rede neural**, Universidade Federal do Espírito Santo, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufes.br/handle/10/7816>. Acesso em: 14 ago. 2021.

DORF, R. C; BISHOP, R. H. **Sistemas de Controle Modernos**. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/coutinho/disciplinas/TCC/Sistemas%20De%20Controle%20Modernos%208A%20Ed%20-%20Dorf%20-%20Ltc.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2021.

FEIJOO, A. M. L. C. **Medidas de tendência central**. A pesquisa e a estatística na psicologia e na educação . Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/yvnwq/pdf/feijoo-9788579820489-05.pdf>. Acesso em: 16 maio 2022.

LAIA, M. A. M. **Filtragem de projeções tomográficas da ciência do solo utilizando Kalman e redes neurais**, Universidade Federal de São Carlos, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/358/1622.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 13 ago. 2021.

LEITE, D. J. L. **Média Aritmética Ponderada: Um estudo detalhado**. UFRPE, 2014. Disponível em: [www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/bitstream/tede2/6701/2/Diogo Jose Lopes Lobo Leite1.pdf](http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/bitstream/tede2/6701/2/Diogo%20Jose%20Lopes%20Lobo%20Leite1.pdf). Acesso em: 16 maio 2022.

LIMA, M. M. **Revisão dos sistemas de automação aplicados ao setor florestal**. Universidade Federal de Viçosa, 2019. Disponível em: <https://del.ufv.br/wp-content/uploads/2019/08/Moacir-Mendes-Lima.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2021.

LOPES, L. F. **Apostila de estatística**. UFSM, 2003. Disponível em: <http://www.inf.ufsc.br/~vera.carmo/LIVROS/LIVROS/Luis%20Felipe%20Dias%20Lopes.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2021.

LUCENA, P. B. **Automação Industrial**. UFRN, 2003. Disponível em: https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1_14.pdf. Acesso em: 21 ago. 2021.

MONTINI, A. W. **Estratégia de Controle Fuzzy para suspensão ativa automotiva**. Universidade São Francisco, Campinas, 2006. Disponível em: <http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/623.pdf>. Acesso em: 23 set. 2021.

MOREIRA, R. G.; REIS, R. W. **Controlador baseado em lógica fuzzy para sistemas de refrigeração industrial**, Revista PIBIC, Osasco, 2006. Disponível em: <http://www.unifieo.br/files/0708egcrm.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2021.

MUNIZ, S.R. **Introdução à análise estatística de medidas**. USP. S/D. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/169799/mod_resource/content/0/Introducao_Estatistica__plc0016_14.pdf. Acesso em: 07 nov. 2021.

NEPOMUCENO, T. R. N. **Aplicação do Filtro de Kalman estendido e Filtro de Kalman Unscented na Assimilação de dados de FMRI**, Universidade Federal do Pará, 2017. Disponível em: https://ppgme.proesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/2017/Tarcilio_Roger_Noronha_Nepomuceno.pdf. Acesso em: 11 ago. 2021.

PAULA, A. A. **Monitoração da máquina de indução utilizando Filtro de Kalman**, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2016. Disponível em: https://www2.dee.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/18/2017/11/TCC_2016_1_AAPaula.pdf. Acesso em: 13 ago 2021.

OLIVEIRA, A. V. W.; MOTTA, G.; EIFLER, K. P. **Projeto de controladores para um sistema de fermentação em reator de batelada**. Universidade do Vale do Itajaí, 2019. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/perfil/497644-guilherme-motta/>. Acesso em: 20 ago. 2021.

ROCHA, F. P. **Aplicação do Filtro de Kalman Estendido para estimação de populações em modelos epidemiológicos**, Universidade Estadual de Campinas, 2019. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/335267/1/Rocha_FernandaPaula_M.pdf. Acesso em 13 ago. 2021.

SANTOS, G. Q. **Lógica Fuzzy: Uma proposta de aplicação na gestão de estoques**. *Blucher Marine Engineering Proceedings*, 2014. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/77b8/75397de69626f02308dd1c50dcd65231e336.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2021.

SELESKI, F.; ARAÚJO, L. O. **Projeto de Sistemas de Controle Programável de Sistemas Produtivos Distribuídos**. UTFPR, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Lindolpho-Oliveira-De-Araujo-Junior/publication/271909785_PROJETO_DE_SISTEMAS_DE_CONTROLE_PROGRAMAVEL_DE_SISTEMAS_PRODUTIVOS_DISTRIBUIDOS/links/54d671d20cf25013d03386a8/PROJETO-DE-SISTEMAS-DE-CONTROLE-PROGRAMAVEL-DE-SISTEMAS-PRODUTIVOS-DISTRIBUIDOS.pdf. Acesso em: 13 abr. 2022.

SILVA, J. L. C.; FERNANDES, M. W.; ALMEIDA, R. L. F. **Estatística e Probabilidade**. EduECE, 2015. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/554261/2/Livro%20Estatistica%20e%20Probabilidade%20.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2021.

SOUZA, A. M. **Intervalos de confiança**. UFSM, 2008. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/adriano/aulas/ic/tintconf.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2021.

SOUSA, R.; OLIVEIRA, K. C. **Lógica Fuzzy Aplicada na Otimização Operacional de Rede Setorizada de Distribuição de Água para Economia de Energia Elétrica**. Revista Interdisciplinar de Pesquisa em Engenharia, DF, 2016. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/ripe/article/download/21033/19371/36766>. Acesso em: 13 maio 2022.

SHIGUTI, W.A. SHIGUTI, V. S. C. **Apostila de estatística**. Brasília, 2006. Disponível em: http://www.inf.ufsc.br/~paulo.s.borges/Download/Apostila5_INE5102_Quimica.pdf. Acesso em: 7 nov. 2021.

WANZELER, T. M. **Automação Residencial de Baixo Custo Utilizando a Plataforma de Prototipagem Eletrônica Arduino**. Universidade Federal do Pará, 2015. Disponível em: https://bdm.ufpa.br:8443/jspui/bitstream/prefix/675/1/TCC_AutomacaoResidencialBaixo.pdf. Acesso em: 14 maio 2022.

WOLFFENBUTTEL, A. **O que é Desvio Padrão?** IPEA, 2006. Disponível em: http://desafios.ipea.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2104:catid=28. Acesso em: 01 nov. 2021.