INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

FERNANDO MÜLLER DA SILVA

Controlador otimizado para conforto térmico em ambientes climatizados

São José - SC
Julho/2019

CONTROLADOR OTIMIZADO PARA CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTES CLIMATIZADOS

Trabalho de conclusão de curso (Parte 1) apresentado à Coordenadoria do Curso de Engenharia de Telecomunicações do campus São José do Instituto Federal de Santa Catarina para a obtenção do diploma de Engenheiro de Telecomunicações.

Orientador: Pedro Armando da Silva Júnior

São José - SC
Julho/2019

RESUMO

O conforto ambiental tem importância fundamental no processo de ensino-aprendizagem. Salas de aula que não apresentam conforto térmico, visual e acústico podem influenciar de maneira relevante no desempenho escolar, ocasionando efeitos negativos em termos de atenção, compreensão e aprendizagem. Sabendo que os estudantes passam boa parcela do dia nesses ambientes, os quais, geralmente, são de densa ocupação, é importante que esses locais sejam climatizados para que proporcionem condições ambientais satisfatórias ao desempenho das suas atividades, favorecendo assim o processo de aprendizagem. Em contrapartida, os sistemas de climatização são grandes consumidores de energia elétrica, elevando o consumo energético dessas edificações.

O objetivo deste trabalho é desenvolver um controlador sem fio de sistemas de climatização do tipo *split* e avaliar o seu funcionamento em sala de aula. O controlador deve proporcionar melhor conforto térmico para o ambiente através do monitoramento e ajuste automático dos parâmetros de temperatura e insuflamento do ar, assim como possibilitar o controle remoto do equipamento através de uma rede de dados sem fio.

Palavras-Chave

Climatização, Conforto térmico, Redes sem fio

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**	**4**
1.1	**Motivação**	**4**
1.2	**Objetivos gerais e específicos**	**4**
1.3	**Organização do texto**	**4**
2	**FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**	**5**
2.1	**Conforto térmico**	**5**
2.2	**Modelo correlacionando conforto térmico e os parâmetros temperatura do ar e velocidade do ar**	**6**
2.3	**Tecnologias de *software* e *hardware***	**6**
2.3.1	Raspberry Pi	6
2.3.2	Arduino	7
2.3.3	ScadaBR	7
2.3.4	Esp	8
2.3.5	Sensores de temperatura e velocidade do ar	8
3	**PROPOSTA**	**9**
3.1	**Módulo de sensoriamento e controle dos equipamentos de climatização**	**9**
3.2	***Software* supervisório**	**10**
3.3	**Comunicação entre os módulos**	**10**
3.4	**Interface com usuário**	**10**
3.5	**Instrumento para calibração e validação dos sensores de temperatura e velocidade do ar**	**11**
3.6	**Algorítmo para decisão e controle**	**11**
4	**RESULTADOS E DISCUSSÃO**	**11**
4.1	**Calibração dos sensores**	**11**
4.2	**Resultado dos testes do dia 30 de abril**	**13**
4.3	**Resultado dos testes do dia 9 de maio**	**16**
5	**CONSIDERAÇÕES PARCIAIS**	**17**
	CRONOGRAMA	**18**
	REFERÊNCIAS	**19**

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

Um ambiente de uma edificação considerado adequado e saudável é um local onde as condições ambientais internas são pensadas e projetadas para garantir o conforto térmico, visual e acústico para o usuário. As salas de aula em instituições de ensino possuem uma alta taxa de ocupação e mudanças moderadas na temperatura de um ambiente afetam as habilidades dos indivíduos, podendo reduzir o desempenho cognitivo do aluno em ambientes quentes e reduzir a destreza manual em ambientes com temperaturas mais baixas, assim, esses locais com condições térmicas insatisfatórias podem exercer uma influência negativa na aprendizagem (BURGOS; GRIGOLETTI; PAIXÃO, 2015).

Dessa forma, as salas de aula devem oferecer condições ambientais favoráveis para o processo de aprendizagem, sendo esses ambientes de grande responsabilidade social em virtude de sua finalidade educativa.

Por outro lado, o consumo energético dessas edificações vem se intensificando devido à necessidade de promover recintos adequados para a ocupação humana e a realização de suas atividades , tornando necessário a utilização de estratégias e técnicas para aliar conforto ambiental e eficiência energética (LOURENÇO; PINHEIRO; HEITOR, 2014).

1.2 Objetivos gerais e específicos

A técnica proposta neste trabalho busca melhorar o conforto térmico do ambiente e avaliar a energia consumida dos equipamentos de climatização controlados pelo sistema proposto. Como objetivos gerais do trabalho será desenvolvido um controlador sem fio de sistemas de climatização do tipo *split* e avaliado seu funcionamento em sala de aula. Como objetivos específicos podemos listar o monitoramento através de sensores das variáveis ambientais temperatura e velocidade do ar, o controle do equipamento através de uma interface IR, o controle remoto do equipamento através de uma rede de comunicação e testes das funcionalidades do controlador num cenário real.

Para desenvolver um protótipo de controlador que possa enviar comandos para o equipamento de climatização, ajustando parâmetros de temperatura e insuflamento do ar, monitorar as variáveis ambientais através de sensores de temperatura e velocidade do ar e comunicar-se numa rede de dados sem fio, foram pesquisadas tecnologias de baixo custo e facilmente encontradas no mercado, como Raspberry Pi, Arduino, Esp, ScadaBR e sensores de temperatura e velocidade do ar.

1.3 Organização do texto

O texto está organizado da seguinte forma: No Capítulo 2 é apresentada a fundamentação teórica sobre conforto térmico, índices de conforto térmico, modelo de índice de conforto térmico simplificado e tecnologias de *software e* hardware para prototipagem. No capítulo 3 é apresentada a proposta do trabalho, descrevendo o funcionamento do controlador e sua interação com uma rede de comunicação e usuários do sistema. O Capítulo

4 aborda resultados obtidos na calibração dos sensores de temperatura e velocidade do ar, descrevendo também os primeiros testes de controle do equipamento de climatização num cenário real.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Conforto térmico

Conforto térmico é um estado ou condição que reflete satisfação em relação ao ambiente em que a pessoa se encontra. Porém, mesmo em locais climatizados pode haver insatisfação com o ambiente térmico, causando sensação de desconforto pelo calor ou pelo frio.

A temperatura do ar, a temperatura radiante média do ambiente, a umidade relativa do ar e a velocidade do ar são parâmetros ambientais relacionados ao conforto térmico e que podem ser medidos através de sensores (ASHRAE 55, 2013). A influência destes quatro parâmetros no conforto térmico não é semelhante, sendo que a temperatura do ar é o principal parâmetro a ser medido, pois a sensação de conforto baseia-se na perda de calor do corpo através do diferencial de temperatura entre a pele e o ar (FANGER, 1970; SILVA, 2010).

Um dos índices estabelecidos para quantificar o conforto térmico é o PMV (*Predicted Mean Vote* – Voto médio previsto). Este índice prevê a sensação térmica dos ocupantes de um ambiente segundo uma escala de sensações de 7 pontos, sendo que quanto mais próximo de zero for o valor do PMV, melhor será a sensação de conforto térmico dos ocupantes daquele local, ou seja, a escala varia de -3 a +3, sendo cada índice relacionado com sensações de frio, calor ou neutralidade térmica (FANGER, 1970), como mostrado na tabela a seguir.

Tabela 1 - Escala PMV

Índice PMV	Sensação
+3	muito quente
+2	quente
+1	ligeiramente quente
0	neutralidade térmica
-1	ligeiramente frio
-2	frio
-3	muito frio

2.2 Modelo correlacionando conforto térmico e os parâmetros temperatura do ar e velocidade do ar

A fim de melhorar o conforto térmico interno em espaços condicionados por sistema do tipo *split*, foi feito um estudo, e assim proposto um modelo empírico simplificado para controlar tanto o insuflamento de ar, quanto a temperatura do equipamento de climatização.

Para obter um modelo simplificado correlacionando o conforto térmico e as variáveis temperatura e insuflamento do ar, que poderiam ser controladas pelo sistema tipo *split*, foram feitos 72 conjuntos de medição em sala de aula, em diferentes pontos de observação e diferentes ajustes de temperatura e fornecimento de fluxos de ar.

Como resultado desse trabalho foram encontrados o então denominada ICS (índice de conforto para ambiente climatizado por sistema split-type), a curva de PMV em função de temperatura e da velocidade do ar que melhor representa a nova distribuição do índice de conforto dentro do ambiente climatizado (SILVA JÚNIOR *et al*, 2019), expresso pela equação abaixo:

$$ICS = a + b/Var + c * Tar + d/Var^2 + e * Tar^2 + (f * Tar)/Var + g/Var^3 + h * Tar^3 + (i * Tar^2)/Var + (j * Tar)/Var^2$$

- Equação 1

Onde T_{ar} é a temperatura do ambiente medida pelos sensores e V_{ar} a velocidade do ar medida. Os coeficientes a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, foram obtidos através do método proposto no trabalho de Silva Júnior.

A Equação 1 expressa pelo modelo de índice de conforto térmico proposto é válida para a faixa de temperatura e velocidade do ar avaliadas, entre 23 e 25°C e 0 a 0,8 m/s, respectivamente.

2.3 Tecnologias de *software* e *hardware*

2.3.1 Raspberry Pi

Raspberry Pi é um computador de baixo custo, do tamanho de um cartão de crédito, projetado originalmente para educação. Devido ao seu pequeno tamanho e preço acessível, foi rapidamente adotado por fabricantes e entusiastas de eletrônicos para projetos que exigem mais do que um microcontrolador básico (como dispositivos Arduino) (OPENSOURCE, 2019).

O Raspberry Pi é mais lento do que um computador moderno, mas ainda é um *hardware* poderoso e embarcado com um sistema operacional pode fornecer todas as funcionalidades esperadas de um computador.

Figura 1. Placa Raspberry Pi.
Fonte: RASPBERRYPI.

2.3.2 Arduino

Arduino é uma plataforma com um microcontrolador que pode ser programado, contendo interfaces de entrada e saída de sinais elétricos, popularmente chamadas de portas, e que possuem diferentes finalidades. Há portas para comunicação serial, portas de entrada para sinais analógicas e de saídas PWM (*Pulse Width Modulation*), entre outras. Essas portas analógicas e digitais podem ser usadas para leitura e escrita de dados, possibilitando a conexão de botões, sensores, Leds (*Light Emitting Diode*), módulos de comunicação ou quaisquer outros dispositivos, tornando inúmeras as possibilidades de uso para a plataforma (ARDUINO, 2019).

Figura 2. Placa Arduino Mega.
Fonte: ARDUINO.

2.3.3 ScadaBR

O ScadaBR é um sistema supervisório SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition* - Controle Supervisório e Aquisição de dados) disponibilizado em licença Open Source (*software* livre). Foi criado para desenvolver aplicações automatizadas em qualquer tipo de ambiente: Indústrias, Laboratórios, Automação Predial, Saneamento, Sistemas de Energia, etc (SCADABR, 2019).

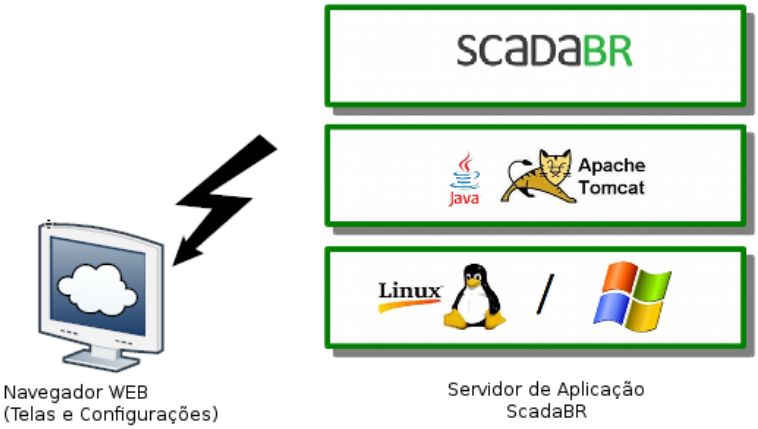

Figura 3. Servidor de aplicação ScadaBR.
Fonte: CERTI.

2.3.4 Esp

Esp é um módulo wifi que pode ser programado. Assim como a plataforma arduino, possui interfaces de entrada e saída de sinais elétricos para finalidades como comunicação serial, entrada de sinais analógicos e de saídas PWM. Essas portas também possibilitam a conexão de botões, sensores, Leds, módulos de comunicação entre outros (EMBARCADOS, 2019).

Figura 4. Módulo wifi Esp8266-12E.
Fonte: VIDADESILICIO.

2.3.5 Sensores de temperatura e velocidade do ar

O sensor de velocidade do ar Rev-P é um anemômetro que também possui um sensor de temperatura ambiente. A saída analógica do sensor de temperatura é dimensionada para 3,3 volts, assim como a saída de tensão do sensor de velocidade do ar. Podendo ser acomodado facilmente em placas de 3,3 volts e microcontroladores. O sensor deve funcionar muito bem com qualquer microcontrolador com entradas analógicas dentro dessa faixa de tensão, com exceção do fato de que é necessário fornecer pelo menos entre 9 a 12 volts de uma fonte de alimentação externa para o sensor, sendo 12 volts, o valor ideal (MODERN DEVICE, 2019).

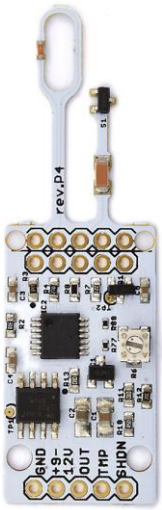

Figura 5. Sensor de temperatura e velocidade do ar Rev-P.
Fonte: MODERN DEVICE.

3 PROPOSTA

O controlador proposto funciona por meio da comunicação sem fio com o equipamento de climatização através de interfaces IR (Infravermelho), permitindo a comunicação com o condicionador de ar através da mesma tecnologia utilizada nos controles remotos sem fio. O objetivo é facilitar a comunicação com os equipamentos de climatização e seu controle sem instalações intrusivas. O controlador também integrará sensores para coletar as informações ambientais como temperatura e velocidade do ar, que serão usadas para telemetria e tomada de decisão para o controle do equipamento de climatização.

As tecnologias Raspberry Pi, Arduino, Esp e ScadaBR foram escolhidas como ferramentas de *software* e *hardware* para o processamento de dados coletados pelos sensores e comunicação entre os módulos do sistema.

3.1 Módulo de sensoriamento e controle dos equipamentos de climatização

Para o processamento dos dados coletados pelos sensores de temperatura do ambiente e velocidade do ar será usado a plataforma Esp, que é composta por um microcontrolador com tecnologia wifi embarcada. Esses dados coletados pelos sensores serão processados pelo microcontrolador e enviados para o supervisório pela rede através de tecnologia de comunicação sem fio.

3.2 *Software* supervisório

O *software* ScadaBR será instalado na Raspberry Pi. O *software* de supervisão e aquisição de dados ScadaBR provê um banco de dados, um web Server para acesso remoto, assim como interfaces para aquisição e envio de dados através de redes de comunicação.

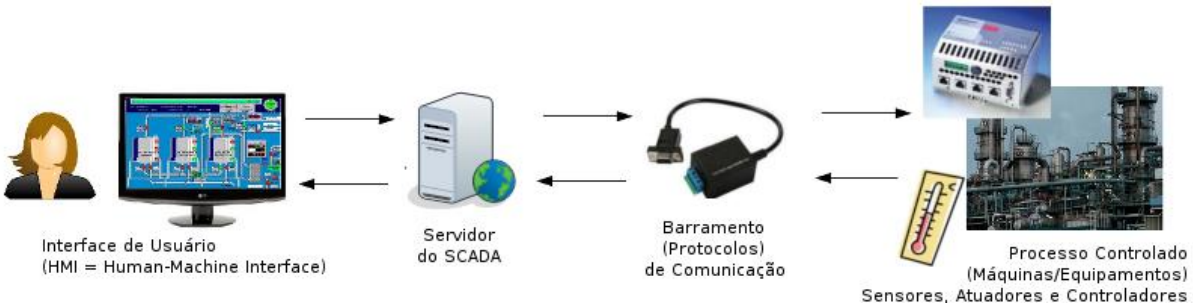

Figura 6. Arquitetura de um sistema supervisório.
Fonte: CERTI.

O ScadaBR permite receber dados com diferentes protocolos e possui integrado um banco de dados onde pode armazenar as informações coletadas. O servidor web oferece uma interface para o usuário onde é possível visualizar através de um navegador todas as informações coletadas, assim como enviar comandos remotamente e gerar relatórios.

3.3 Comunicação entre os módulos

A comunicação entre os módulos de sensoriamento e controle e o *software* supervisório será feita usando uma rede sem fio criada com os recursos de comunicação da Raspberry Pi. Como algum módulo de sensoriamento e controle pode não ter alcance para enviar as informações diretamente para o supervisório, optou-se por topologia *mesh*, composta de vários nós que se comportam como roteadores em uma rede. Desta maneira é possível transmitir mensagens de um nó a outro por diferentes caminhos até alcançar o destino (WIKIPEDIA, 2019).

A comunicação entre o supervisório e o usuário será baseada no modelo cliente servidor, utilizando a estrutura da própria rede criada.

3.4 Interface com usuário

A forma de interação do usuário com o sistema é através de um navegador, utilizando uma estrutura de serviços WEB. O usuário acessando o navegador poderá solicitar ou enviar informações para os módulos de sensoriamento e controle de climatização conectados na rede. Essas informações enviadas pelo usuário poderão ser comandos de ajuste de parâmetros de temperatura e velocidade de insuflamento do ar, assim como comandos de acionamento e desligamento do condicionador de ar.

3.5 Instrumento para calibração e validação dos sensores de temperatura e velocidade do ar

Para validar os resultados obtidos pelos sensores será usado o equipamento comercial Kimo C310, que possui sensores de temperatura e velocidade do ar com certificado de calibração (KIMO INSTRUMENTS, 2019). As figuras a seguir mostram o equipamento C310 e o sensor omnidirecional de velocidade do ar, da Kimo.

Figura 7. Instrumento de medição C310.
Fonte: KIMO.

Figura 8.Sensor de velocidade do ar Kimo
Fonte: KIMO.

3.6 Algorítmo para decisão e controle

O algorítmo para tomada de decisão e controle do equipamento de climatização é baseado no modelo simplificado que expressa o ICS através dos parâmetros de temperatura e velocidade do ar no ambiente.

Esse algorítmo deve ajustar os parâmetros de temperatura e velocidade do ar, buscando manter o ICS entre -0,5 e +0,5. Com valores dentro dessa faixa, considera-se que os ocupantes tenham uma sensação de conforto térmico agradável, naquele ambiente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Calibração dos sensores

As informações de velocidade do ar coletadas nos primeiros testes de calibração dos sensores montados na plataforma arduino são mostrados na figura a seguir. Os dados coletados pelo sensor de temperatura ficaram próximos dos obtidos com o equipamento Kimo, assim como os valores de velocidade do ar dentro da faixa de 0 a 1 m/s. Acima desta faixa os dados coletados divergiam do sensor comercial.

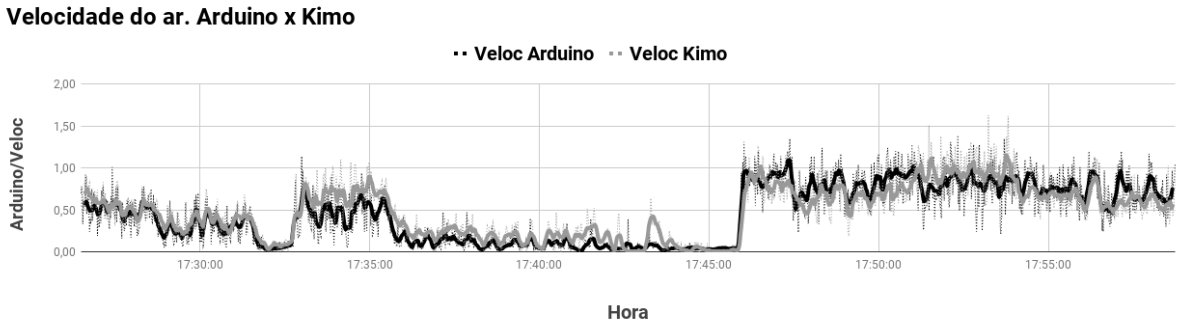

Figura 9. Aferição do sensor de velocidade do ar.
Fonte: Autor.

Como os cálculos realizados pelo algoritmo usam valores de velocidade do ar dentro da faixa de 0 a 1 m/s, ficou evidente que os valores obtidos na calibração eram satisfatórios para a tomada de decisão no funcionamento do controlador.

Após a calibração dos sensores foram realizados testes de controle de um equipamento de climatização juntamente com o monitoramento das variáveis ambientais pelos sensores de temperatura e velocidade do ar. O controlador foi instalado em sala de aula equipada com sistema de climatização do tipo *slpit*, onde normalmente o equipamento de climatização era controlado pelos ocupantes apenas no início das atividades.

Para analisar a energia consumida pelo equipamento de climatização durante os testes, foi instalado um analisador de energia, modelo CW240, da Yokogawa, no circuito elétrico que alimenta o equipamento.

Os dados coletados e apresentados como resultados parciais são referentes aos testes realizados nos dias 30 de abril e 9 de maio de 2019. Estes testes foram feitos dividindo o período vespertino em duas etapas como mostrado na tabela a seguir, sendo que em uma delas os parâmetros temperatura e velocidade de insuflamento do ar do equipamento de climatização eram ajustados automaticamente pelo controlador, já na outra etapa, o climatizador era ligado no início das aulas pelos usuários e ajustado na temperatura de 23° C e velocidade média de insuflamento de ar.

Tabela 2 - Períodos e condições dos testes

Data	Período das 13h30 às 15h30	Período das 15h30 às 17h30
30/04	**Sem controle** do equipamento de climatização	**Com controle** do equipamento de climatização
9/05	**Com controle** do equipamento de climatização	**Sem controle** do equipamento de climatização

4.2 Resultado dos testes do dia 30 de abril

No dia 30 de abril, a Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática - A806, localizada no município de São josé, fez o registro das temperaturas máximas mostradas na figura abaixo.

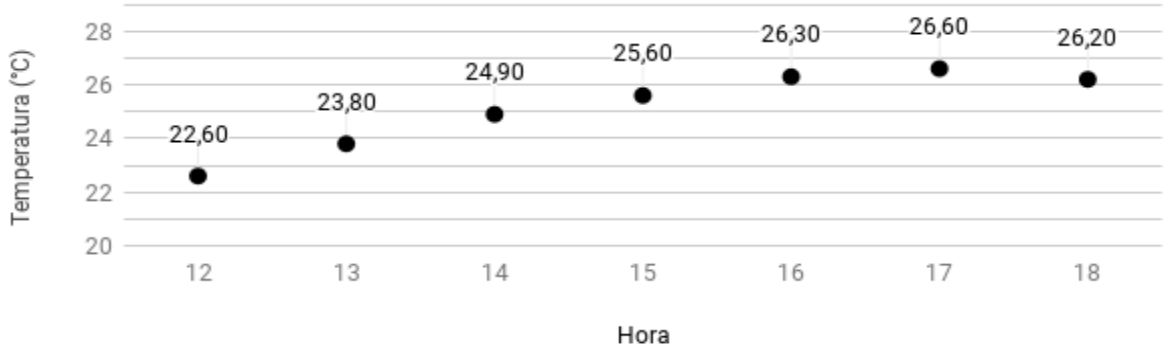

Figura 10. Temperatura no município de São José em 30 de abril de 2019.
Fonte: INMET-Instituto Nacional de Meteorologia.

Na sequência são apresentados os dados referentes a temperatura coletada pelos sensores no interior da sala onde os testes foram realizados.

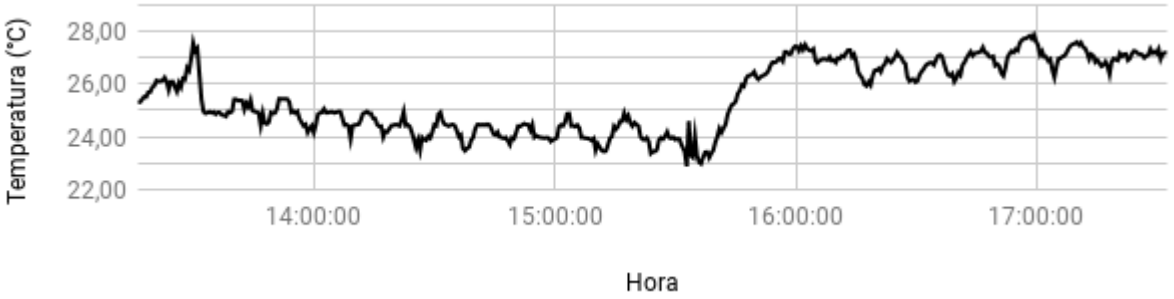

Figura 11. Temperatura no interior do ambiente em 30 de abril de 2019.
Fonte: Autor.

Nos primeiros dados obtidos nos testes em sala de aula durante o funcionamento do equipamento de climatização, realizado com controle e ajuste automático dos parâmetros de temperatura e velocidade de insuflamento do ar, observou-se que houve uma permanência dentro dos limites dos índices de conforto calculados em comparação com os dados obtidos durante os testes sem a intervenção do controlador de climatização.

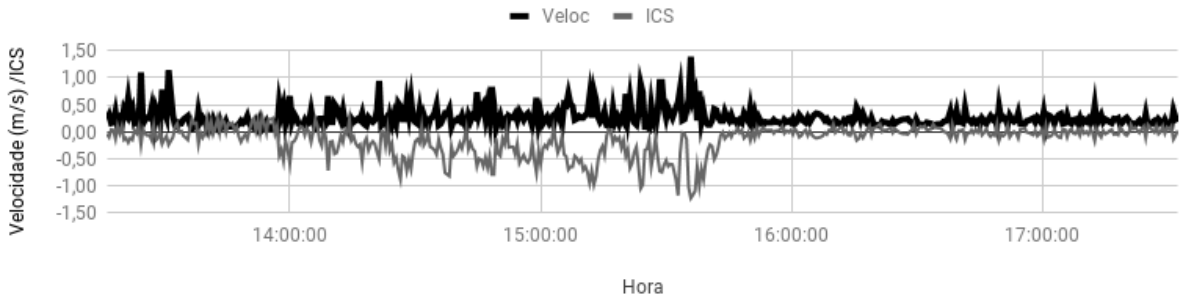

Figura 12.Velocidade do ar e ICS do ambiente em 30 de abril de 2019.
Fonte: Autor.

Os primeiros dados do analisador de energia mostrados nas figuras a seguir forneceram a informação do tempo de funcionamento e consumo do equipamento de climatização.

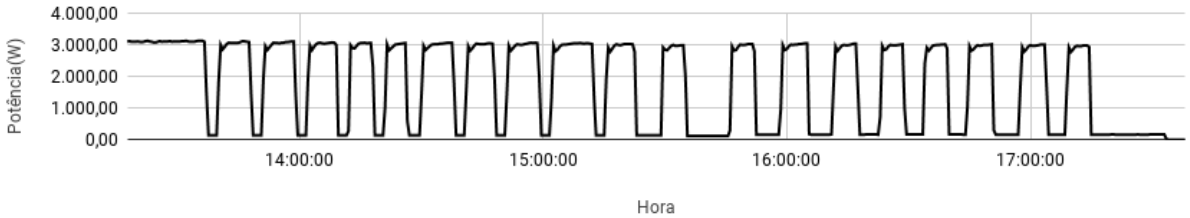

Figura 13. Consumo de energia do equipamento de climatização no dia 30 de abril de 2019.
Fonte: Autor.

A figura abaixo mostra o comportamento da potência durante o período das 13h30 às 15h30. A potência média deste período foi de 2233 W.

Figura 14. Consumo do equipamento de climatização, no período, sem o controle no dia 30 de abril de 2019.
Fonte: Autor.

A Figura 15 apresenta a potência do equipamento entre às 15h30 às 17h30 horas. A potência média deste período foi de 1379 W, ficando abaixo do período anterior, evidenciando o funcionamento do equipamento por um tempo menor quando sujeito ao ajuste de parâmetros de temperatura e velocidade do ar feito pelo controlador.

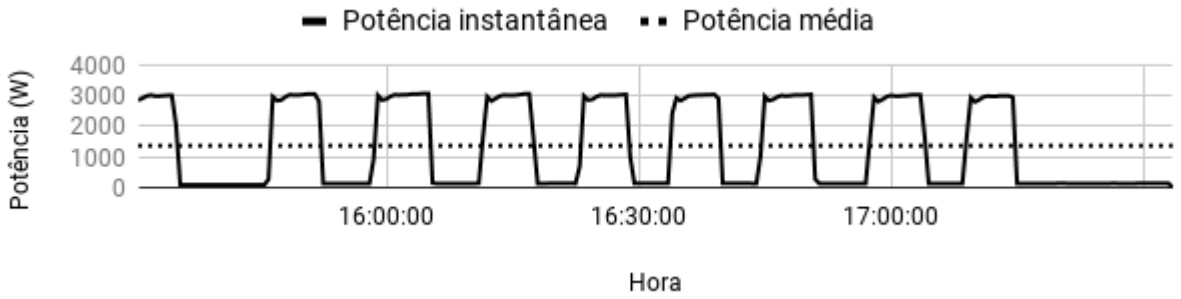

Figura 15. Consumo do equipamento de climatização, no período, com o controle no dia 30 de abril de 2019.
Fonte: Autor.

Os comandos enviados ao equipamento de climatização durante o período das 15h30 às 17h30 são mostrados na figura a seguir.

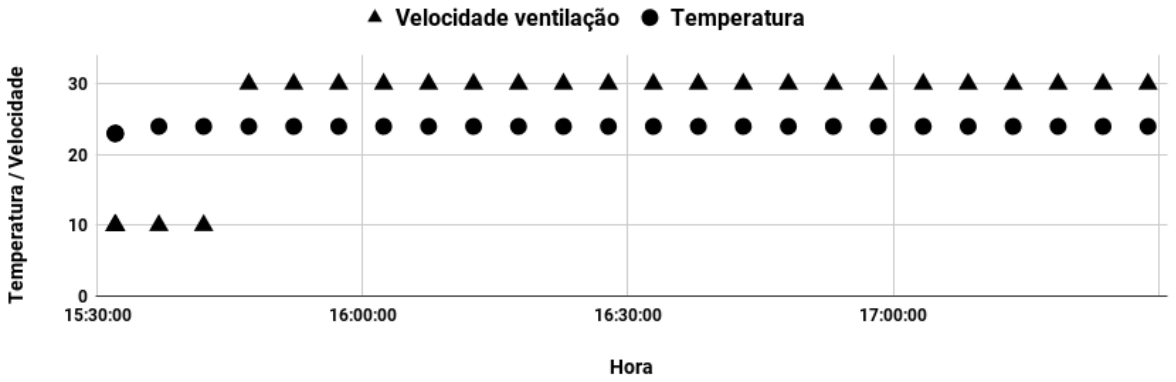

Figura 16. Comandos enviados ao equipamento de climatização no dia 30 de abril de 2019.
Fonte: Autor.

A análise dos sinais pode ser feita observando apenas os primeiros comandos enviados. Após estes primeiros comandos, não houve mudança no ajuste de temperatura e velocidade do ar.

Os valores de velocidade do ar de 10, 20 e 30 mostrados no gráfico referem-se às velocidades baixa, média e alta de insuflamento de ar no equipamento de climatização, respectivamente.

4.3 Resultado dos testes do dia 9 de maio

Já no dia 9 de maio, a Estação Meteorológica A806 fez o registro das seguintes temperaturas máximas mostradas na figura abaixo.

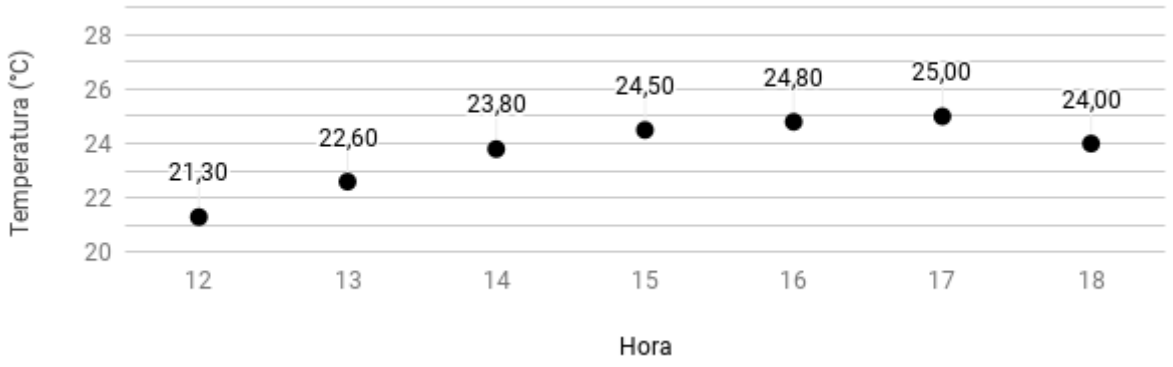

Figura 17. Temperatura no município de São José em 9 de maio de 2019.
Fonte: INMET-Instituto Nacional de Meteorologia.

As figuras a seguir apresentam as informações de temperatura, velocidade do ar e ICS no dia 9 de maio de 2019.

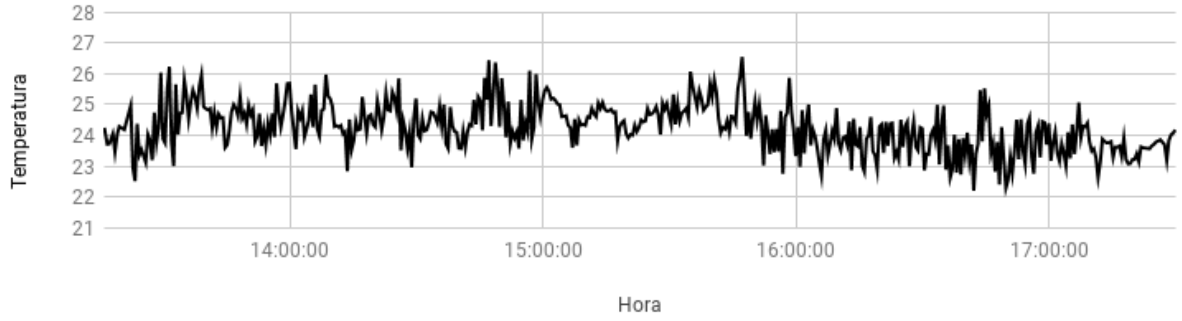

Figura 18. Temperatura no interior do ambiente.
Fonte: Autor.

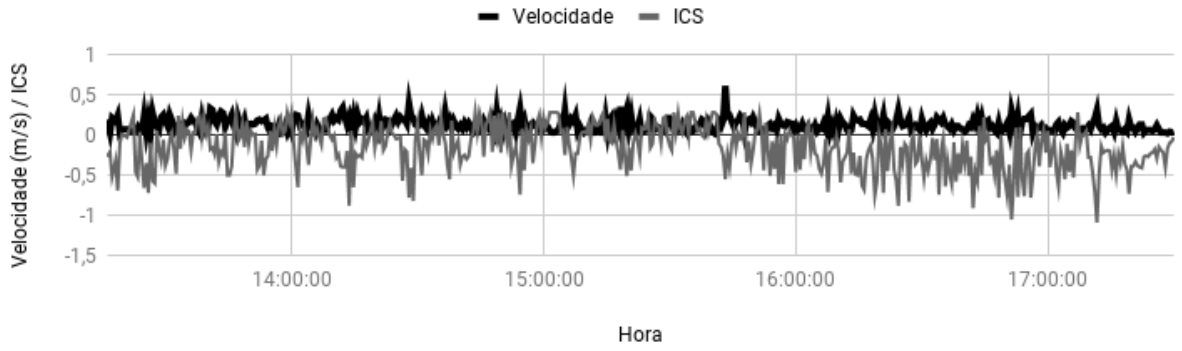

Figura 19.Velocidade do ar e ICS no dia 9 de maio de 2019.
Fonte: Autor.

A Figura 20 mostra o comportamento da potência elétrica do equipamento de climatização entre 13h30 às 17h30 com e sem controle.

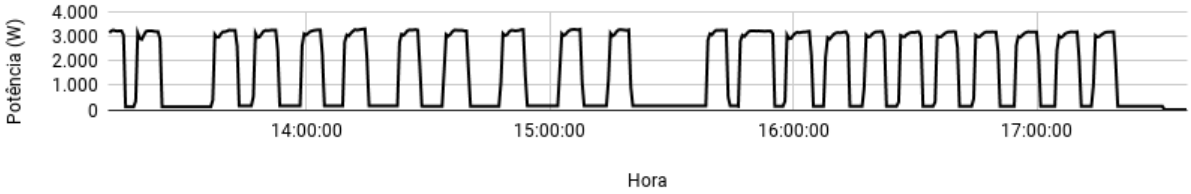

Figura 20. Consumo de energia do equipamento de climatização no dia 9 de maio de 2019.
Fonte: Autor.

Os comandos enviados ao equipamento de climatização durante o período das 13h30 às 15h30 são mostrados na figura a seguir.

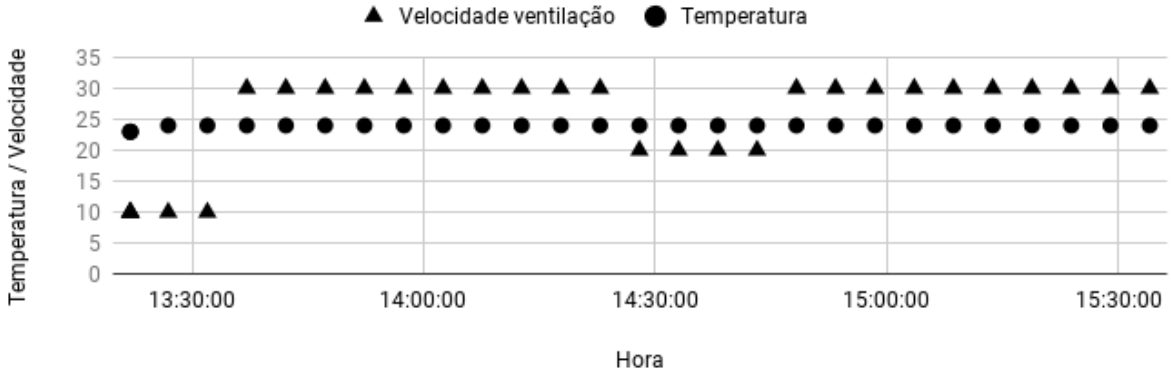

Figura 21. Comandos enviados ao equipamento de climatização no dia 9 de maio de 2019.
Fonte: Autor.

5 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

Os primeiros resultados obtidos nos testes do controlador de climatização sugerem que as tecnologias escolhidas são eficazes, tanto para sensoriar as variáveis ambientais de temperatura e velocidade do ar, como para controlar o equipamento de climatização através da interface IR. Observou-se uma melhoria no índice de conforto térmico calculado naquele ambiente durante o funcionamento da climatização com monitoramento e controle dos parâmetros ambientais, estes dados serão melhores explorados nas próximas etapas do TCC. Os resultados também sugerem uma redução do consumo energético em função do equipamento operar de forma mais eficiente, acionando o sistema de refrigeração por um tempo menor.

CRONOGRAMA

Cronograma de atividades para o desenvolvimento e conclusão do TCC.

ATIVIDADE	PRAZO					
	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Teste e aferição dos sensores de temperatura e velocidade na placa Esp (NodeMCU)	X					
Teste de comunicação entre Esp e equipamento de climatização através da interface IR	X					
Instalação do *software* ScadaBR e criação de rede sem fio na Raspberry Pi		X				
Teste de comunicação entre Esp e ScadaBR		X				
Criação da rede mesh entre os módulos Esp			X			
Teste de comunicação entre a rede mesh e ScadaBR			X			
Desenvolvimento de interface de interação do usuário com o sistema			X			
Teste do funcionamento do controlador em bancada				X		
Instalação e teste do funcionamento do controlador em sala de aula				X		
Ajustes e testes finais do funcionamento do controlador em bancada e sala de aula					X	
Produção de relatório técnico, artigo e manual do controlador desenvolvido					X	
Apresentação e defesa do trabalho						X

REFERÊNCIAS

ASHRAE Standard 55 - **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. American Society of Heating Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 2013.

ARDUINO. **What is Arduino?** Disponível em: <http://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Acesso em: 20 Jun 2019.

BURGOS E.G.; GRIGOLETTI G.C.; PAIXÃO D.X. **Otimização do conforto ambiental no espaço escolar: uma visão sustentáve**l. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. 2015. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/cinergis/article/viewFile/6019/4200>. Acesso em: 20 Mai 2019.

EMBARCADOS. **Apresentando o módulo ESP8266**. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/modulo-esp8266/>. Acesso em: 20 Jun 2019.

FANGER, P. O. **Thermal comfort - analysis and applications in environmental engineering**. Copenhagen: Darlish Techinical Press, 1970.

KIMO INSTRUMENTS. **C310 Capteur multifonction**. Disponível em: <https://kimo.fr/fr/capteur/c-310>. Acesso em: 20 Jun 2019.

KROEMER, E.; GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia adaptando o trabalho ao homem**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LOURENÇO P.; PINHEIRO M.D.; HEITOR T. From indicators to strategies: **Key Performance Strategies for sustainable energy use in Portuguese school buildings**. 2014.Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037877881400718X>. Acesso em: 15 Mai 2019.

SCADABR. **Você já conhece o ScadaBR?** Disponível em <http://www.scadabr.org.br>. Acesso em: 20 Jun 2019.

OPENSOURCE.COM. **What is Raspberry Pi?** Disponível em <https://opensource.com/resources/what-raspberry-pi>. Acesso em: 20 Jun 2019.

ORAL G.K.; YENER A.K.; Bayazit N.T. **Building envelope design with the objective the ensure thermal, visual and acoustic comfort conditions. Build Environ**, 2004; 39(3):281-7.Disponível em: <https://kundoc.com/pdf-building-envelope-design-with-the-objective-to-ensure-thermal-visual-and-acousti.html>. Acesso em: 15 Mai 2019.

MODERNDEVICE.COM. **Wind Sensor Rev. P.** Disponível em <https://moderndevice.com/product/wind-sensor-rev-p/>. Acesso em: 20 Jun 2019.

SILVA, J. G., **Introdução a tecnologia da Refrigeração e Climatização**. São Paulo, Artiber Editora, 2010.

SILVA JÚNIOR A. S.; MENDONÇA K. C.; VILAIN R.; PEREIRA M. L.; MENDES N. **On the improvement of thermal comfort in indoor spaces conditioned by split-type systems.** Instituto Federal de Santa Catarina, São José, Brazil. École d'Ingénieurs CESI - LINEACT, Lagord, France. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Brazil, 2019.

WIKIPEDIA. **Redes Mesh.** Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Redes_Mesh> Acesso em: 4 Jul 2019.