

## **ESTRATÉGIA DE CONTROLE DO USO DO AR CONDICIONADO VISANDO O USO EFICIENTE DA ENERGIA ELÉTRICA NAS SALAS DE AULA DO IF FLUMINENSE**

**Rilden Gomes Rodrigues (\*), Alcemir Gama de Oliveira, Alan Monteiro Ramalho, Felipe Sardinha Maciel, João Henrique Gaia Gomes**

\*Instituto Federal Fluminense (IFF); rilden\_gr@hotmail.com

### **RESUMO**

Atualmente a demanda pela energia elétrica é crescente, freando apenas em momentos economicamente desfavoráveis, gerando problemas relacionados a sua oferta, como as despesas e os impactos ambientais. Esse cenário leva ao desenvolvimento de estratégias que possibilitem desacelerar o crescimento do consumo e suas consequências. O campus Campos-Guarus do Instituto Federal Fluminense sofreu um aumento equivalente a 59,5% na tarifa de energia elétrica do ano de 2012 até 2015, sendo o valor pago anualmente correspondente a 9,2% dos gastos totais da instituição. Sabendo disso, esse estudo visou desenvolver e aplicar de forma experimental uma estratégia que se ajuste às características de uso de salas de aula do Instituto Federal Fluminense, promovendo a diminuição de consumo e despesas de energia elétrica provenientes dos aparelhos de ar condicionado da instituição. Além disso, foi feito o monitoramento de dois períodos de 4 semanas, sendo um antes e outro após a instalação do dispositivo, a fim de avaliar o impacto da estratégia no uso de energia da sala de aula. Sendo assim, foram estabelecidas condições de uso e foi construído um dispositivo com a plataforma Arduino a fim de fazer cumprir essas condições. Os dados do monitoramento de energia permitiram observar o uso da energia em dias não letivos, a redução de 49,27% do consumo e avaliar a influência que outros fatores, como clima e horários, possuem no consumo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eficiência energética, Sustentabilidade, Arduino, Ar condicionado.

### **INTRODUÇÃO**

Atualmente a demanda pela energia elétrica é crescente, freando apenas em momentos economicamente desfavoráveis, o que gera problemas relacionados a sua oferta, como despesas e impactos ambientais. Esse cenário leva ao desenvolvimento de estratégias que possibilitem desacelerar o crescimento do consumo e suas consequências. Segundo Lowe (2005), o uso eficiente da energia é uma estratégia essencial para diminuir as despesas e reduzir a pressão sobre o ambiente.

Edificações dos setores comercial e público consomem grande quantidade de energia e, consequentemente, apresentam grande potencial de melhora no desempenho, sendo responsáveis por 17,5% e 8,2% do consumo de energia elétrica no Brasil, respectivamente (Brasil, 2016, p. 34). De acordo com Méier (2002), para que um edifício seja considerado energeticamente eficiente é necessário que ele possua três características:

- Ser dotado de equipamentos eficientes e materiais apropriados para a localização e características;
- Prover os serviços e o conforto necessário para a atividade fim específica;
- Ser operado com uma meta de demanda energética mínima comparada com a de edificações semelhantes com a mesma finalidade.

Desta forma, uma edificação eficiente deve oferecer o conforto necessário dentro do que é realizado no edifício com o menor consumo energético possível. Por mais que equipamentos possibilitem um desempenho eficiente, ainda é possível que seja utilizado de forma inadequada, como quando as salas permanecem com a climatização ligada sem a presença de ocupantes ou equipamentos que demandem da mesma. Nesse aspecto, medidas de controle e automação podem ser adotadas a fim de verificar das características do local dos aparelhos de ar condicionado, tais como ocupação, iluminação e temperatura. Isso faz com que os equipamentos atuem apenas quando há a necessidade.

O campus Campos-Guarus do IF Fluminense do ano de 2012 até 2015 sofreu um aumento equivalente a 59,5% na tarifa de energia elétrica, sendo o valor pago atualmente correspondente a 9,2% dos gastos totais da instituição. Silva (2016) relaciona os maiores consumos de energia elétrica do ano aos períodos mais quentes, onde há maior demanda no uso do ar condicionado e também relata que em torno de 22% das salas de aula permaneciam com a porta aberta e o ar condicionado ligado nos intervalos e mudanças de turno (SILVA, 2016).

### **OBJETIVOS**

De acordo com Tauchen e Brandli (2006), as instituições de ensino superior possuem o papel de incluir questões ambientais na formação de seus egressos para que eles incluam em suas práticas profissionais a preocupação com as

questões ambientais, além de ser modelo de gestão sustentável para a sociedade ao implementar sistemas de gestão ambiental em seus campi. Sendo assim, o presente estudo visou desenvolver e aplicar uma estratégia que se ajuste da melhor forma às características de uso de salas de aula, promovendo a diminuição do consumo e despesa de energia elétrica provenientes dos aparelhos de ar condicionado da instituição. Além disso, monitorar dois períodos de 4 semanas, sendo um antes e outro após a instalação do dispositivo, para fins de comparação entre as aferições de energia consumida.

## **METODOLOGIA**

A sala utilizada para o experimento é composta por outras seis salas de aula, uma sala do centro acadêmico da engenharia ambiental e dois banheiros, sendo as salas de aula e seus equipamentos de acesso livre a qualquer pessoa dentro do campus. As aulas são programadas no início dos semestres, porém algumas vezes sofrem alterações de horário e de dia, bem como as salas convencionais podem ser dispensadas para uma aula prática em laboratório. Há também variação na duração 27 da aula, podendo terminar antes do horário previsto, o que faz com que esse intervalo de tempo apresente um potencial de diminuição do consumo.

Motivos para a escolha da sala: Possuir variedade de carga horária ao longo dos dias da semana, possibilitando uma avaliação da influência deste fator; Sofrer menor incidência da radiação solar, sofrendo menor interferência desse elemento climático; Os aparelhos de ar condicionado estarem operando normalmente.

Foi desenvolvida uma estratégia que visava restringir o uso dos aparelhos apenas aos momentos em que a sala estava sendo utilizada para aulas, evitando que fossem utilizados de forma incorreta. Para isso foram observadas características de uso das salas e, em seguida, estabelecidas as seguintes condições: Permitir o ligamento do sistema apenas com a presença de um cartão cadastrado, que seria disponibilizado apenas aos professores pela coordenação de turno; Facilitar o desligamento através de um botão, tendo em vista que apenas um controle que é compartilhado com as outras cinco salas do bloco; Desligar automaticamente os aparelhos em intervalos maiores que 20 min, evitando que os aparelhos permaneçam ligados desnecessariamente durante os mesmos.

A partir dessas condições foi possível saber o material necessário para desenvolver o dispositivo e foram também definidos os horários em que ocorreria o desligamento automático (Tabela 1), observando o cronograma de aulas previsto para a sala. Sendo que o desligamento automático foi programado apenas para intervalos longos devido à possibilidade do constante desligamento causar efeitos negativos, como aumento do consumo e falta de conforto térmico aos ocupantes.

**Tabela 1. Dias e respectivos horários de desligamento. Fonte: Autor do Trabalho.**

	<b>Segunda</b>	<b>Terça</b>	<b>Quarta</b>	<b>Quinta</b>	<b>Sexta</b>
Horário de desligamento	22:35	12:25	15:55	22:35	17:05
		15:05	19:45		21:45
		21:45			

Foi desenvolvido um dispositivo, utilizando a plataforma Arduino, a fim de fazer cumprir às condições da estratégia. Sendo assim, foram utilizados cartões RFID para controle do ligamento dos aparelhos, uma botoeira foi colocada no dispositivo para o desligamento e foram colocados no código de programação os horários em que o desligamento deve acontecer automaticamente. 30 O dispositivo é composto por dois módulos, atuando eles como: Sensor/controlador – Caixa de 4 disjuntores contendo microcontrolador Arduino Uno, módulo RTC, protoboard4, transmissor RF, Leitor RFID e botoeira. Se localiza na parte da frente da sala, ao lado do quadro branco da sala e é a interface com o usuário; Circuito de potência - Caixa de 6/8 disjuntores contendo microcontrolador Arduino Uno, protoboard, relés de estado sólido e receptor RF. Se localiza no fundo da sala, abaixo de um dos aparelhos de ar condicionado.

Os materiais utilizados e seus respectivos valores estão dispostos na Tabela 2.

**Tabela 2. Lista de materiais utilizados e seus respectivos valores. Fonte: Autor do Trabalho.**

<b>Materiais</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor Unit. (R\$)</b>	<b>Valor Total (R\$)</b>
Caixa - 4 disjuntores	Unid.	1	13,00	13,00
Caixa - 6/8 disjuntores	Unid.	1	34,00	34,00
Arduíno Uno	Unid.	2	50,00	100,00

Módulo Real Time Clock (RTC)	Unid.	1	20,00	20,00
Protoboard	Unid.	2	10,00	20,00
Relé de Estado Sólido	Unid.	4	55,00	220,00
Módulo RF	Unid.	2	15,00	15,00
Leitor RFID	Unid.	1	199,00	199,00
Botoeira	Unid.	1	4,00	4,00
<b>Total R\$</b>				625,00

O monitoramento foi realizado utilizando um analisador de energia ligado na entrada do disjuntor dedicado aos 2 (dois) aparelhos de ar condicionado presentes na sala de aula. O analisador foi instalado no dia 24 de janeiro e retirado no dia 7 de abril de 2017, sendo utilizados um total de oito semanas dentro desse período, sendo quatro semanas monitoradas antes e quatro após da instalação do dispositivo para realizar a comparação. O intervalo de tempo entre os períodos de comparação foi correspondente à semana de carnaval, um período curto, visando diminuir a influência das variações de consumo que ocorrem em decorrência de fatores climáticos e do cronograma de uso da sala, assim, representando com maior fidelidade o impacto da estratégia.

Foi utilizado um analisador de energia Minipa ET-5061C para medição das variáveis elétricas, que armazenava os valores de um intervalo de 5 (cinco) minutos. Os dados monitorados foram posteriormente tratados a fim de: Observar o uso dos aparelhos dentro e fora dos horários previstos no cronograma da sala; Observar a atuação do sistema em horários previstos; Comparar os consumos nos dois períodos de monitoramento da energia elétrica; Viabilidade econômica do dispositivo.

## RESULTADOS

O dispositivo foi instalado na sala de aula no dia 24/02/17 e foi mantido, modificando apenas a programação de horários de desligamento. A princípio, foi considerada a possibilidade da instalação de um sensor de presença a fim de desligar os aparelhos de ar condicionado automaticamente, após um período sem movimentação na sala, no entanto, houve um problema de compatibilidade que impossibilitou esta aplicação.

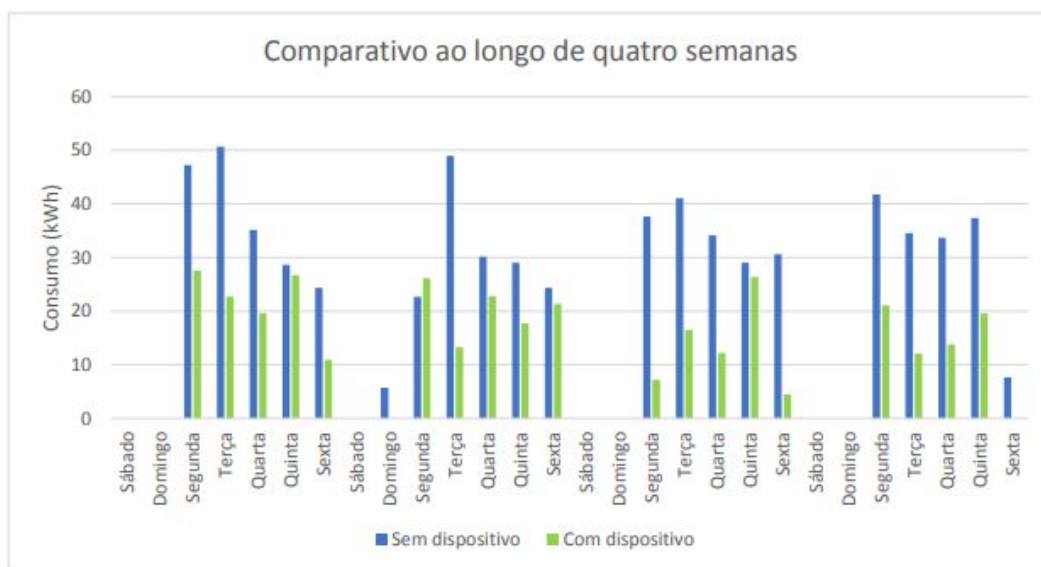
Outros problemas também ocorreram:

- Desligamento automático - Foi observada uma falha no desligamento automático, devido a um erro na programação. Essa falha foi corrigida no dia 09/03/17, semana inicial do monitoramento com uso do dispositivo. A partir desta correção, em decorrência de desligamento automático, estabeleceu-se intervalo de um minuto para habilitar o religamento dos aparelhos
- O dispositivo atua cortando a energia disponível para os aparelhos de ar condicionado, como se fosse uma queda de energia, e, apesar de os aparelhos estarem preparados para tal situação, algumas vezes não ocorre o religamento automático quando a energia elétrica é novamente permitida, sendo necessária a utilização do controle para ligar. Dessa forma, é necessário que o desligamento seja feito da forma mais próxima à que o controle realiza para que essa falha seja corrigida.

Em sua continuidade, o dispositivo se comportou de forma prevista, limitando o acesso aos aparelhos, facilitando o desligamento e desligando automaticamente nos períodos determinados.

Fez-se a comparação entre os dois períodos de medição a fim de avaliar o impacto da medida de diferentes formas. No entanto, inicialmente é importante abordar sobre períodos não utilizados na comparação, onde houve o consumo de 56,97 kWh ainda entre os dias 25/01 e 27/01/17, período de férias. Após a instalação do dispositivo no dia 24/02 nenhum consumo foi observado durante os dias não letivos.

A Figura 1 apresenta um resultado bruto a partir de um gráfico que coloca lado a lado os consumos antes e depois da instalação do dispositivo, demonstrando uma discrepância nos consumos totais diários entre os dois períodos. O gráfico demonstra ainda que o aparelho de ar condicionado foi utilizado em um domingo no período anterior à instalação do dispositivo, porém possivelmente foi utilizado para a realização de um concurso público.



**Figura 1. Comparação dos consumos sem (28/01 até 24/02) e com o dispositivo (04/03 até 31/03). Fonte: Autor do Trabalho.**

Considerando a quantidade de horários vagos, era esperado que nas terças-feiras, nas quartas-feiras e nas sextas-feiras ocorresse uma maior redução do consumo do que nas segundas-feiras e nas quintas-feiras. Observando os consumos totais em cada dia da semana, percebe-se que nas terças-feiras e nas sextas-feiras houve uma maior redução, enquanto que nas quintas-feiras registrou-se uma menor redução de consumo, no entanto, nas segundas-feiras e nas quartas-feiras as reduções percentuais foram semelhantes, apesar da grande diferença entre o tempo de horários vagos (Tabela 3). A redução de consumo dentro dos horários vagos, não considerando o dia de segunda-feira devido à mudança do cronograma, foi de 59,03%.

**Tabela 3. Economia em relação ao consumo em cada dia da semana. Fonte: Autor do Trabalho.**

Dia da Semana	Horários Vagos	Tempo Vago (min)	Consumo Antes (kWh)	Consumo Depois (kWh)	Redução (%)
Segunda	17:50-22:40	0	149.34	82.05	45.06
Terça	12:20-13:20	300	175.27	64.52	63.19
	15:00-18:00				
Quarta	15:50-18:00	310	133.15	68.45	48.59
	19:40-22:40				
Quinta	-	0	124.07	90.46	27.09
Sexta	12:20-13:20	230	86.97	36.72	57.78
	17:00-18:00				
	20:50-22:40				

## CONCLUSÃO

A climatização é parte essencial para o conforto em sala de aula, fazendo com que o uso do dispositivo dependesse apenas da necessidade, porém poderia também fazer com que houvesse uma rejeição e até mesmo uma necessidade de desativação no caso de uma implementação incorreta. Sabendo disso, o conhecimento das características de uso da sala pode ser considerado fundamental para a construção e obtenção de resultados relevantes neste trabalho.

Sendo uso eficiente de energia elétrica um fator importante para uma instituição de ensino, considerando aspectos de responsabilidade ambiental e econômicos, a redução de consumo em 49,27% e o retorno de investimento em menos de 3 meses demonstram que a estratégia de controle é uma opção para esse fim, fomentando o desenvolvimento de novos trabalhos relacionados ao tema.

Além disso, considerando todo o desenvolvimento deste trabalho dentro do campus Campos-Guarus e a possibilidade de trabalhos futuros a partir deste, é possível observar um cenário para a elaboração de uma solução integral, que compreenda o crescimento da instituição e do aluno, através da busca por soluções para os problemas da própria. Isso se torna ainda mais relevante no caso de uma instituição que oferta cursos diretamente relacionados aos assuntos necessários ao desenvolvimento.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. LOWE, E. Environmental Solutions: Environmental Problems and the All-inclusive global, scientific, political, legal, economic, medical, and engineering bases to solve them. **Economic Solutions**, 61-114. 2005.
2. BRASIL. **Balanco Energético Nacional 2016**. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2016. 296 p.
3. MÉIER, A.; OLOFSSON, T.; LAMBERTS, R. (2002). **What is an Energy-Efficient Building?** In: IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC.
4. SILVA, C. de O. S. da. **Uso da energia elétrica no Instituto Federal Fluminense campus Campos Guarus**. Rio de Janeiro, 2016. 101f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.
5. TAUCHEN, Joel; BRANDLI, Luciana Londero. **A gestão ambiental em instituições de ensino superior: modelo para implantação em campus universitário**. *Gestão & Produção*, 2006, 13.3: 503-515.