



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA
IFBA – CAMPUS JEQUIÉ**

MATHEUS OLIVEIRA GOMES

**AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO DESEMPENHO E CONSUMO DE ENERGIA EM
CONDICIONADOR DE AR CONVENCIONAL E INVERTER NO IFBA CAMPUS
JEQUIÉ**

Jequié-BA
2025

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA
IFBA – CAMPUS JEQUIÉ**

MATHEUS OLIVEIRA GOMES

**AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO DESEMPENHO E CONSUMO DE ENERGIA EM
CONDICIONADOR DE AR CONVENCIONAL E INVERTER NO IFBA CAMPUS
JEQUIÉ**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à disciplina de TCC, aos docentes Fabiano Borges e Rita Queiroz como requisito parcial para conclusão do curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica.

Orientadora: Rita de Cássia Souza de Queiroz Lopes.

Coorientador: Marcelo de Paole Miranda.

Jequié-BA

2025

MATHEUS OLIVEIRA GOMES

**AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO DESEMPENHO E CONSUMO DE ENERGIA EM
CONDICIONADOR DE AR CONVENCIONAL E INVERTER NO IFBA CAMPUS
JEQUIÉ**

A banca examinadora aprova o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado “AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO DESEMPENHO E CONSUMO DE ENERGIA EM CONDICIONADOR DE AR CONVENCIONAL E INVERTER NO IFBA CAMPUS JEQUIÉ”, elaborado por Matheus Oliveira Gomes, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – Campus Jequié.

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dra. Rita de Cássia Souza de Queiroz Lopes (Orientadora).

Prof. Esp. Marcelo de Paole Moreira Miranda (Coorientador e membro examinador).

Prof. Esp. Waldson Pereira Luz Júnior (Membro examinador).

Jequié-BA, 22 de janeiro de 2025

RESUMO

A alta demanda de sistemas e equipamentos de climatização no Brasil faz com que essa área represente uma parcela relevante do consumo final de energia do país. Equipamentos e sistemas pouco eficientes contribuem negativamente para esse consumo. Além da eficiência do equipamento, fatores como o clima e até a mesma a configuração do equipamento influenciam o seu consumo energético, dessa forma, este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho e o consumo de energia de um condicionador de ar convencional e de um inverter em diferentes condições de utilização. Para isso o trabalho foi desenvolvido utilizando o método experimental, comparativo e estatístico. Foi feita a coleta de dados de alguns parâmetros, como a temperatura, umidade e fatores elétricos, durante o funcionamento de dois modelos de condicionadores de ar, um convencional e um inverter. Os dados foram analisados por meio de comparações descritivas, análises gráficas e estatísticas. Os resultados demonstraram que o modelo do condicionador de ar, a sua configuração e fatores climáticos possuem impacto significativo no consumo de energia do condicionador de ar, além de indicar que o modelo inverter apresentou melhor desempenho em relação ao consumo de energia e a refrigeração do ambiente.

Palavras-chave: consumo de energia; desempenho térmico; refrigeração.

ABSTRACT

The high demand for air conditioning systems and equipment in Brazil means that this area represents a relevant portion of the country's final energy consumption. Inefficient equipment and systems contribute negatively to this consumption. In addition to the efficiency of the equipment, factors such as the climate and even the configuration of the equipment influence its energy consumption, therefore, this work aims to evaluate the performance and energy consumption of a conventional air conditioner and a inverter under different conditions of use. For this purpose, the work was developed using the experimental, comparative and statistical method. Data was collected on some parameters, such as temperature, humidity and electrical factors, during the operation of two air conditioning models, one conventional and one inverter. The data were analyzed through descriptive comparisons, graphical and statistical analyses. The results demonstrated that the air conditioning model, its configuration and climatic factors have a significant impact on air conditioning energy consumption, in addition to indicating that the inverter model presented better performance in terms of energy consumption and environmental cooling.

Keywords: energy saving; thermal performance; refrigeration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo ideal de refrigeração por compressão de vapor.	15
Figura 2 – Medidor de qualidade de energia VEGA 78.	21
Figura 3 – Modelo convencional e inverter utilizados.	21
Figura 4 – ENCE dos condicionadores de ar.	22
Figura 5 – Croqui do posicionamento dos sensores.	22
Figura 6 – Relação entre a variável de resposta e as variáveis explicativas.	33
Figura 7 – Porcentagem de variação explicado pelo modelo.	34

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Consumo de energia elétrica por equipamento residencial (TWh).	12
Gráfico 2 – Posse de equipamentos residenciais.....	13
Gráfico 3 – Consumo médio residencial de energia elétrica por equipamento (KWh/ano/equipamento).	13
Gráfico 4 – Comportamento da temperatura no ambiente em função do tempo.....	16
Gráfico 5 – Corrente em função do tempo na partida dos compressores.	17
Gráfico 6 – Potência do compressor do condicionador de ar convencional.	26
Gráfico 7 – Potência do compressor do condicionador de ar inverter.	27
Gráfico 8 – Carta de comparação de médias da potência dos condicionadores de ar (ANOVA).....	29
Gráfico 9 – Temperatura captada pelo sensor interno em um período de 16 horas com o condicionador de ar convencional.	30
Gráfico 10 – Temperatura captada pelo sensor interno em um período de 16 horas com o condicionador de ar inverter.	30
Gráfico 11 – Registro da temperatura com o modelo convencional em 18 °C.	31
Gráfico 12 – Registro da temperatura com o modelo inverter em 18 °C.	32
Gráfico 13 – Impacto incremental das variáveis X.	34
Gráfico 14 – Participação setorial no consumo de eletricidade no ano de 2023.	39
Gráfico 15 – Eficiências disponíveis para condicionadores de ar residenciais.....	40

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Categorização da variável MODELO.....	20
Quadro 2 – Tamanho e configuração das amostras para as análises estatísticas. ...	24
Quadro 3 – Consumo de energia com os condicionadores de ar programados para a temperatura de 18 °C.	27
Quadro 4 – Consumo de energia com os condicionadores de ar programados para a temperatura de 23 °C.	28
Quadro 5 – Desvio padrão da temperatura com os condicionadores de ar em 18 °C.	32

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Objetivo geral	11
1.2	Objetivos específicos	11
2	REFERÊNCIAL TEÓRICO	12
2.1	Consumo de energia de condicionadores de ar em residências.....	12
2.2	Princípio de funcionamento de um condicionador de ar	14
2.3	Diferenças de um modelo convencional para o inverter.....	15
2.4	Fatores que influenciam no consumo.....	17
3	METODOLOGIA	19
3.1	Coleta de dados	19
3.2	Análise do consumo e desempenho térmico dos condicionadores de ar..	23
3.3	Análises estatísticas	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5	CONCLUSÃO	35
	REFERÊNCIAS	36
	APÊNDICE A – RELATÓRIO DAS EQUAÇÕES FINAIS DO MODELO DE REGRESSÃO	38
	ANEXO A – GRÁFICO DA PARTICIPAÇÃO SETORIAL NO CONSUMO DE ELÉTRICIDADE	39
	ANEXO B – GAMA DE EFICIÊNCIAS DISPONÍVEIS PARA CONDICIONADORES DE AR RESIDENCIAIS	40

1 INTRODUÇÃO

Em 2023, a eletricidade foi a fonte com maior participação no consumo final de energia do Brasil, representando 18,8% do total (EPE, 2024c). Além de ser uma fonte de grande representatividade no consumo final de energia, seu consumo tem apresentado crescimento contínuo ao longo dos anos. No ano de 2023, o consumo final de eletricidade no país aumentou 5,2% em relação ao ano anterior, sendo que, em valores absolutos, o setor que mais contribuiu para este avanço foi o residencial, que cresceu 14,1 TWh (9,1%), seguido pelo comercial que aumentou em 6,9 TWh (7,1%) (EPE, 2024c).

O Brasil sendo um país predominantemente tropical, possui uma alta demanda por sistemas e equipamentos de climatização, como os condicionadores de ar, popularmente conhecidos como ares-condicionados. Especialmente em regiões de clima quente, é um item importante para o conforto térmico em ambientes residenciais, educacionais, comerciais e até mesmo industriais. Conseqüentemente, por conta dessa alta importância, esses equipamentos acabam representando boa parcela do consumo final de energia elétrica nesses setores.

A previsão decenal é que “a propensão dos indivíduos por ambientes climatizados provavelmente levará a um aumento do uso de condicionadores de ar em residências” (MME/EPE, 2024, p. 45). Esse aumento do seu uso em residências, que ainda é reprimido em famílias menos favorecidas, eleva a relevância da eletricidade como fonte de energia no setor residencial, o consumo de energia dos condicionadores de ar nesse setor fica atrás somente das geladeiras (MME/EPE, 2024). Vale destacar que o setor residencial sozinho é responsável por 27,5% do consumo total de eletricidade do Brasil conforme indicado no ANEXO A – GRÁFICO DA PARTICIPAÇÃO SETORIAL NO CONSUMO DE ELÉTRICIDADE (EPE, 2024b).

Ao mesmo tempo em que o consumo relativo à climatização de ambientes apresenta um grande impacto no consumo final de energia elétrica, ainda é feito muito uso de equipamentos pouco eficientes. No Brasil e em outros países, a eficiência média dos condicionadores de ar comprados está bem abaixo do melhor modelo disponível, e até o melhor modelo disponível tipicamente está bem abaixo da melhor tecnologia disponível no mercado global, conforme pode ser visto no ANEXO B – GAMA DE EFICIÊNCIAS DISPONÍVEIS PARA CONDICIONADORES DE AR RESIDENCIAIS (EPE, 2019). No Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia

da Bahia – IFBA Campus Jequié por exemplo, local onde os dados para a elaboração deste trabalho foram coletados, ainda faz-se o uso de vários equipamentos com a mais baixa classificação de eficiência da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), essa etiqueta classifica produtos com base na sua eficiência energética, e serve tanto para orientar consumidores na aquisição de um novo produto quanto para incentivar a melhoria na eficiência destes produtos, uma vez que ela pode impactar nas vendas dos mesmos.

A substituição destes equipamentos por outros mais eficientes contribui para a redução do impacto negativo que equipamentos pouco eficientes têm no consumo final de energia elétrica do país, ajudando a diminuir a demanda total de energia que advém de equipamentos e sistemas de climatização, o que resulta não só na diminuição da despesa energética de um consumidor, como também é um benefício para sustentabilidade energética em um nível geral. A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (2019, p. 13), a respeito da eficiência energética, diz que “evitar o desperdício e realizar mais serviços energéticos com a mesma quantidade de energia resulta em ganhos de competitividade e benefícios para toda sociedade.

Ainda a respeito da ENCE, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) está aumentando as exigências quanto à eficiência energética para a classificação de condicionadores de ar. A Portaria Inmetro nº 269, de 22 de junho de 2021, estabelece novos critérios de eficiência energética para condicionadores de ar, elevando os padrões mínimos necessários para o enquadramento em categorias superiores (Brasil, 2021).

De acordo com a Portaria referida, até 31 de dezembro de 2025, os fabricantes devem garantir que os equipamentos atendam às novas classes de eficiência energética estabelecidas. Além disso, equipamentos classificados como C e D pelo padrão anterior foram proibidos de serem comercializados desde 31 de dezembro de 2022, evidenciando o compromisso do Inmetro com a eficiência energética e a redução do consumo de energia em aparelhos de climatização. Esse tipo de medida é fundamental para a sustentabilidade, pois como já mencionado, a demanda por esses equipamentos vem aumentando e tende a continuar aumentando, o uso de equipamentos mais eficientes minimiza o impacto que o aumento do nível de posse do mesmo causa na demanda de energia elétrica do país (MME/EPE, 2024).

A escolha deste tema para o desenvolvimento da pesquisa considerou a grande quantidade de equipamentos pouco eficientes que ainda são utilizados e o impacto que os aparelhos de refrigeração têm no consumo final de energia elétrica do país.

Quando se fala no consumo de energia de um condicionador de ar uma das primeiras coisas a se pensar é no seu modelo, mas o consumo de energia de um condicionador de ar não está atrelado somente a eficiência do equipamento, fatores climáticos e até mesmo a forma de utilizar o equipamento influenciam no consumo. Muitas pessoas desconhecem que existem tantos fatores que interferem no consumo e o quanto eles podem influenciar o mesmo. Dessa forma, o problema da pesquisa é dado pelo seguinte questionamento: Como os diferentes modelos de condicionadores de ar influenciam no desempenho e consumo de energia?

A hipótese é que o desempenho e consumo de energia são variados de acordo com o modelo do condicionador de ar, bem como de acordo aos parâmetros de clima e programação da temperatura durante sua utilização.

1.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho e o consumo de energia de um condicionador de ar convencional e de um inverter.

1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Coletar dados de desempenho e consumo de energia de diferentes tipos de condicionadores de ar em diferentes condições de operação;
- Analisar qual modelo apresenta menor consumo e qual oferece melhor desempenho térmico;
- Identificar se a variação do consumo em função das condições de operação, condições climáticas e do tipo de condicionador de ar, é estatisticamente significativa.
- Subsidiar o IFBA – Campus Jequié na formulação de políticas para a melhoria da eficiência energética.

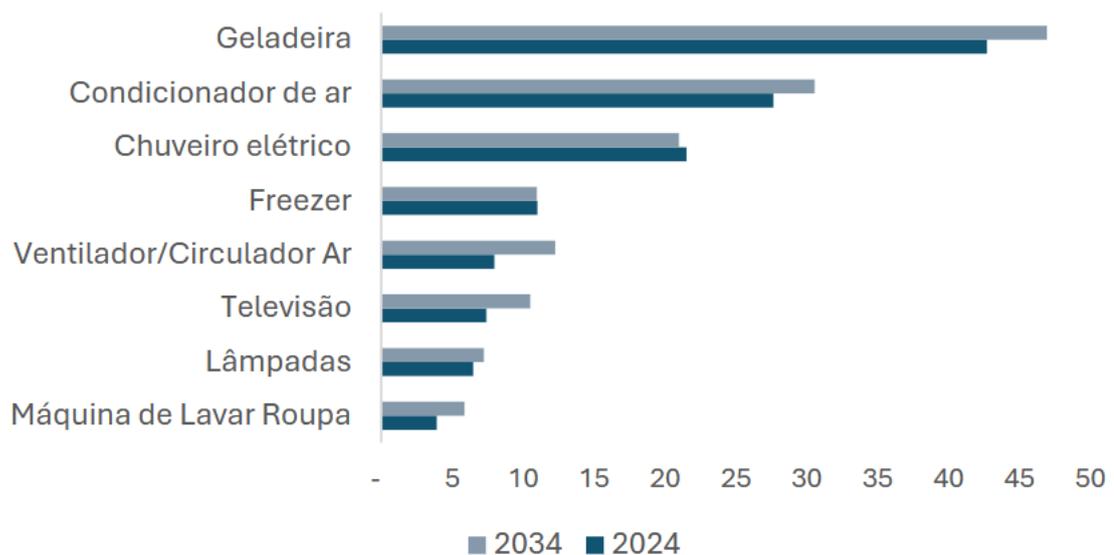
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

Nesta seção foram abordados os principais conceitos teóricos relacionados ao funcionamento de condicionadores de ar, bem como diferentes modelos comercializados.

2.1 Consumo de energia de condicionadores de ar em residências

Como já abordado na INTRODUÇÃO, no setor residencial, o condicionador de ar fica atrás somente da geladeira no consumo de energia elétrica, conforme pode ser visto no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Consumo de energia elétrica por equipamento residencial (TWh).

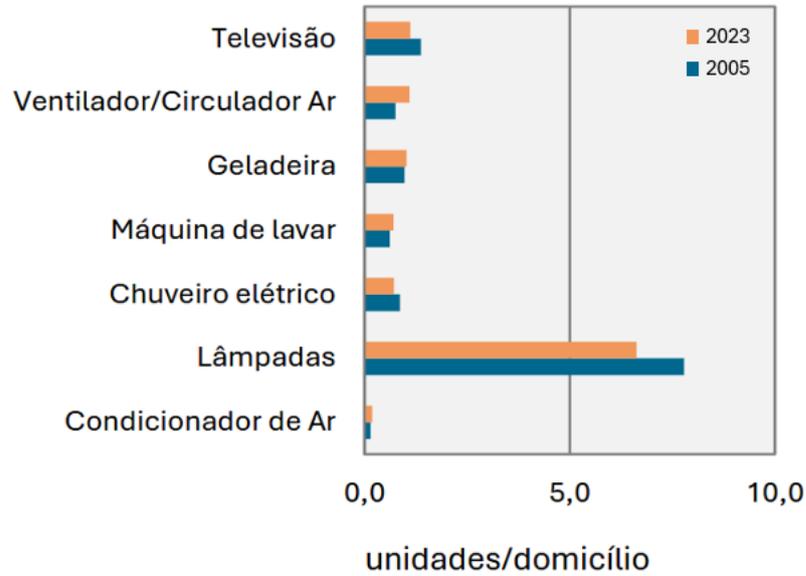


Fonte: MME/EPE (2024).

O que deixa a geladeira na frente do condicionador de ar é o seu nível de posse maior, em comparação com outros equipamentos, o nível de posse do condicionador de ar é baixo, uma média de aproximadamente 0,18 unidades por domicílio conforme o Gráfico 2. Mesmo com um nível de posse relativamente baixo, o consumo referente aos condicionadores de ar é significativo como foi visto no Gráfico 1, isso porque, ao se analisar por equipamento, o consumo de energia elétrica do condicionador de ar é o maior, conforme pode ser visto no Gráfico 3 (MME/EPE, 2024). À medida que as famílias vão adquirindo condições financeiras para comprar um condicionador de ar,

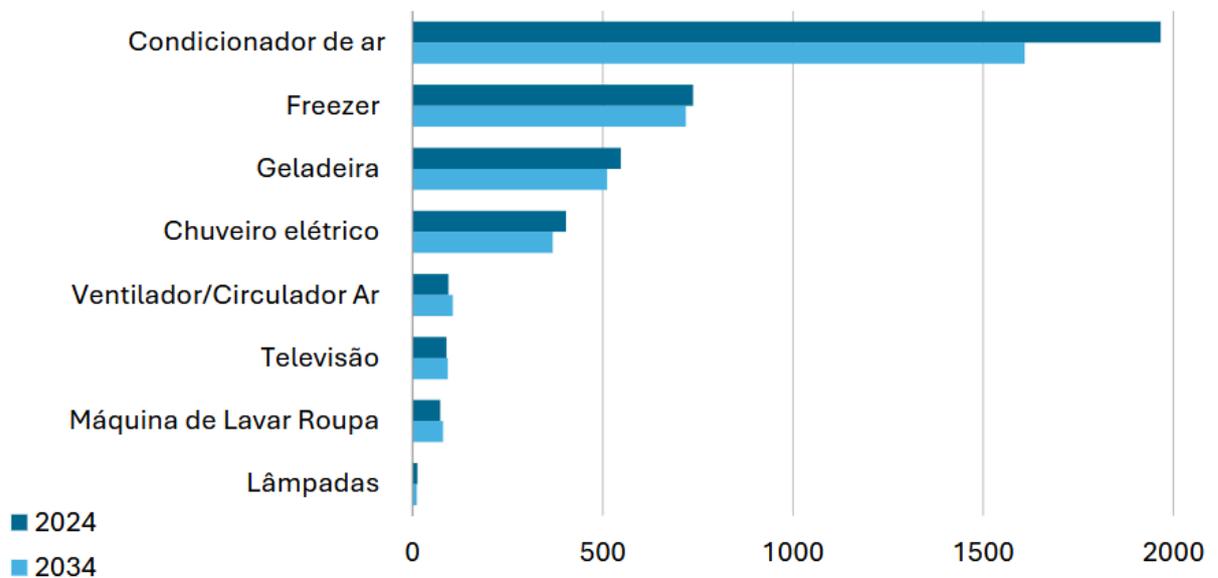
a climatização de ambientes vai ganhando cada vez mais participação na demanda residencial de energia devido ao aumento no nível de posse desse equipamento (EPE, 2024a).

Gráfico 2 – Posse de equipamentos residenciais.



Fonte: EPE (2024a).

Gráfico 3 – Consumo médio residencial de energia elétrica por equipamento (KWh/ano/equipamento).



Fonte: MME/EPE (2024).

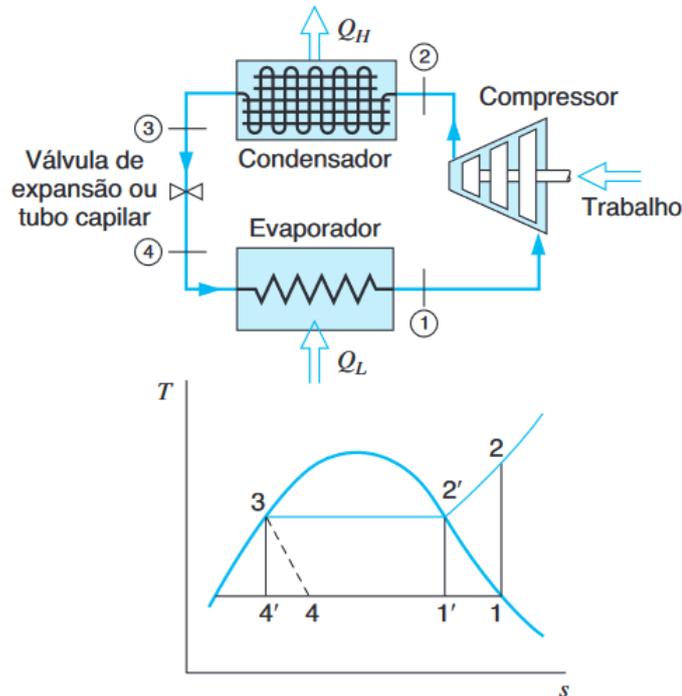
Os Gráficos Gráfico 1 e Gráfico 3 mostram também que a previsão é de uma redução no consumo de energia dos condicionadores de ar em 10 anos, isso por conta da exigência e da promoção do uso de condicionadores de ar mais eficientes (MME/EPE, 2024). Em consequência das regulamentações de índices mínimos de eficiência energética, estima-se que entre 2005 e 2023 o consumo médio anual por condicionador de ar tenha sido reduzido em média 17,9% (EPE, 2024a)

2.2 Princípio de funcionamento de um condicionador de ar

O funcionamento de um condicionador de ar se dá através de um ciclo termodinâmico que visa transferir calor de um ambiente para outro. Esse ciclo, chamado de ciclo ideal de refrigeração por compressão de vapor, faz uso de um fluido refrigerante em conjunto com quatro componentes, compressor, condensador, válvula de expansão ou tubo capilar e evaporador (Borgnakke; Sonntag, 2018).

O compressor, fornece trabalho ao fluido refrigerante, o que faz com que ele ganhe pressão e temperatura, de forma que ao chegar ao condensador, unidade em que troca calor com o ambiente externo, a temperatura do fluido seja maior que a temperatura ambiente, o que faz com que o fluido perca calor para o ambiente, ao escoar pela válvula de expansão, o fluido perde pressão e temperatura, e ao chegar no evaporador, a sua temperatura é menor do que a do ambiente refrigerado, o que faz com que ele ganhe calor do ambiente, e então segue novamente ao compressor, esse ciclo pode ser visto na Figura 1 (Borgnakke; Sonntag, 2018).

Figura 1 – Ciclo ideal de refrigeração por compressão de vapor.



Fonte: Borgnakke e Sonntag (2018).

Onde Q_L representa o calor sendo transferido ao fluido refrigerante no evaporador, e Q_H representa o calor sendo transferido do fluido no condensador. Borgnakke e Sonntag (2018) classificam esse sistema como um sistema fechado, pois não há fluxo de massa entre a fronteira do sistema, somente calor e trabalho atravessam a fronteira. O gráfico de temperatura e entropia da Figura 1 mostra dois ciclos, o ciclo de Carnot a título de comparação, representado por 1'-2'-3-4'-1', e o ciclo ideal de refrigeração por compressão de vapor, representado por 1-2-3-4-1. Esse último é composto por dois processos isobáricos, relativos à troca de calor no evaporador e condensador, um processo isentálpico, referente a perda de pressão do fluido na válvula de expansão, e um processo isentrópico, onde o fluido recebe trabalho no compressor (Borgnakke; Sonntag, 2018).

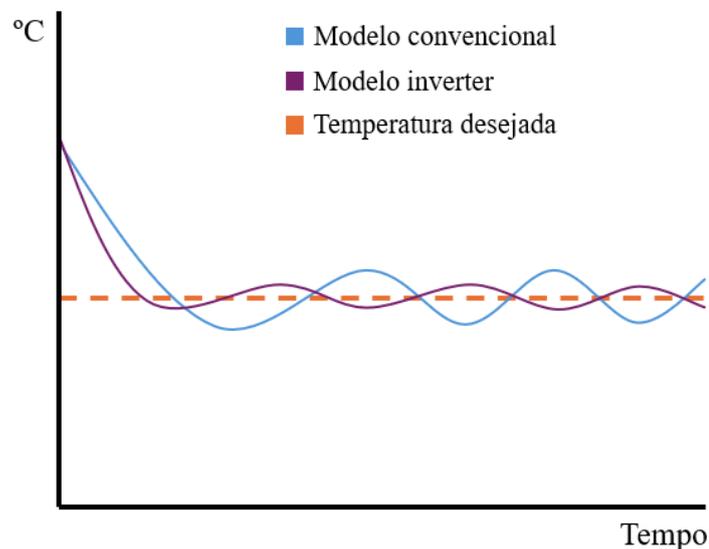
2.3 Diferenças de um modelo convencional para o inverter

Tanto o modelo convencional de condicionador de ar quanto o inverter podem ser descritos pelo ciclo ideal de refrigeração por compressão de vapor, a diferença entre os dois tipos é na forma em que o trabalho é adicionado ao fluido (Gomes *et al.*, 2024a).

No modelo convencional, o compressor funciona até que a temperatura no ambiente refrigerado esteja em torno da temperatura desejada, então ele desliga, e quando a temperatura sobe, ele liga novamente, dessa forma ele mantém o ambiente refrigerado com uma leve variação de temperatura em torno da temperatura desejada (Gomes *et al.*, 2024a; Rangel, 2020).

Já no modelo inverter, em vez de desligar o compressor, ele é capaz de variar a sua rotação, fazendo com que inicialmente ele trabalhe a uma rotação maior para que a temperatura desejada seja alcançada rapidamente, e quando chega próximo a temperatura ambiente, ele diminui essa rotação e mantém o compressor funcionando em uma rotação menor para que a temperatura desejada seja mantida, ou seja, o modelo inverter é capaz de variar a quantidade de trabalho fornecida ao fluido refrigerante (Rangel, 2020; Silva; Oliveira; Lima, 2023). A capacidade de variar a rotação do compressor permite que a temperatura desejada seja alcançada mais rapidamente, e que a variação de temperatura em relação a temperatura desejada seja menor, como é ilustrado pelo Gráfico 4 (Gomes *et al.*, 2024a).

Gráfico 4 – Comportamento da temperatura no ambiente em função do tempo.

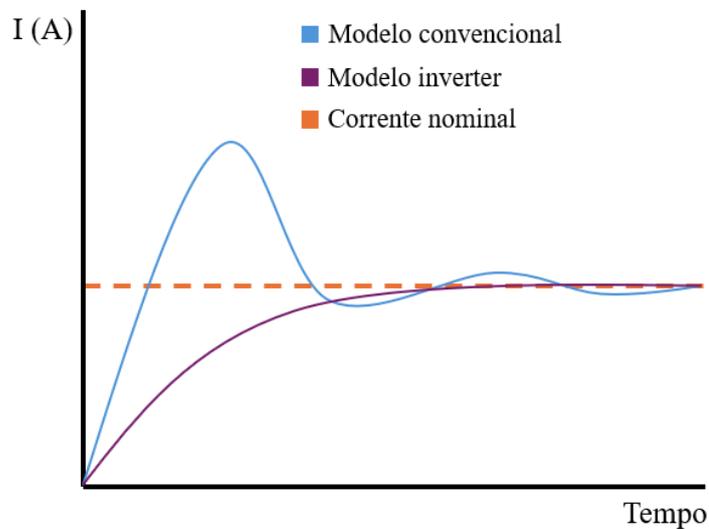


Fonte: Gomes *et al.* (2024a).

As características de construção do motor elétrico de corrente alternada fazem com que ele se comporte como um sistema subamortecido, isto é, no momento de partida, a corrente elétrica do motor ultrapassa a sua corrente nominal, essa corrente é denominada de corrente de pico (Nise, 2013). Esse comportamento, apresentado

pelo condicionador de ar convencional, resulta em consumo desnecessário de energia, além de ser prejudicial a instalação elétrica dependendo do quanto ultrapasse a corrente nominal, este é um dos motivos que em instalações industriais o circuito de força é separado do circuito de comando, para que a corrente não prejudique os equipamentos de controle, o Gráfico 5 ilustra o comportamento dos dois tipos de condicionadores de ar no momento de partida.

Gráfico 5 – Corrente em função do tempo na partida dos compressores.



Fonte: Gomes *et al.* (2024a).

Embora a corrente de pico dure apenas um instante, o que, isoladamente, resulta em um consumo de energia praticamente insignificante, geralmente, os modelos convencionais ligam e desligam o compressor diversas vezes durante sua operação. Essa repetição pode fazer que esse consumo associado a corrente de pico seja relevante devido ao elevado número de ocorrências.

2.4 Fatores que influenciam no consumo

Devido as diferenças de eficiência entre modelos de condicionadores de ar, mesmo entro o mesmo tipo, convencional ou inverter, cada um irá apresentar diferenças no consumo. Além do modelo, fatores climáticos também influenciam no consumo de energia desses equipamentos, afinal de contas é pela troca de calor que ele é capaz de retirar calor de um ambiente e transportá-lo para outro (Silva; Oliveira; Lima, 2023).

Outro fator que influencia no consumo é a configuração do equipamento, quanto menor a temperatura selecionada para que um condicionador de ar refrigere um ambiente, mais trabalho precisa ser fornecido ao fluido refrigerante e, conseqüentemente, maior o consumo de energia. Gomes *et al.* (2024b) verificaram que a diferença no consumo de energia ao utilizar um condicionador de ar convencional programado para refrigerar o ambiente a 16 °C e 23 °C, em condições de trabalho parecidas, foi de cerca de 61%.

3 METODOLOGIA

Em relação ao delineamento, este trabalho é classificado como uma pesquisa experimental. De acordo com os objetivos, enquadra-se como uma pesquisa descritiva. Segundo Gil (2002, p. 42) “as pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis”.

Já em relação ao método, foram utilizados os métodos experimental, comparativo e estatístico. O primeiro “consiste em submeter objetos de estudo à influência de certas variáveis, em condições controladas e conhecidas pelo investigador para observar os resultados que a variável produz no objeto” (Gil, 2008, p. 16). O método comparativo consiste em distinguir diferenças e similaridades entre indivíduos, fenômenos ou fatos por meio da investigação deles, e o método estatístico baseia-se na aplicação da teoria da probabilidade e estatística para a investigação (Gil, 2008).

Embora os resultados obtidos por meio do método estatístico não podem ser considerados absolutamente verdadeiros, e sim composto de boa de probabilidade de serem verdadeiros, a utilização de testes estatísticos permitem determinar tanto a probabilidade de acerto quanto a margem de erro de um valor obtido, por isso esses testes e procedimentos fornecem apoio considerável aos resultados obtidos e muitos conhecimentos adquiridos em certos setores da economia e psicologia por exemplo devem-se substancialmente à utilização deste método (Gil, 2008).

3.1 Coleta de dados

O período da coleta de dados para esta pesquisa foi do dia 22/04/2024 até o dia 04/06/2024, sendo realizada em uma sala do IFBA – Campus Jequié. O experimento foi realizado em uma única sala, iniciando com o modelo de condicionador de ar convencional, sendo posteriormente substituído pelo inverter.

Buscando não ter interferência nos processos comparativos, a manutenção e limpeza dos condicionadores de ar foram realizadas antes do início da pesquisa, garantindo as condições ideais de funcionamento para ambos os equipamentos. Além disso, a sala em que o estudo foi realizado não foi utilizada durante o experimento para que não houvesse variação de carga térmica. Visando a economicidade e

sustentabilidade, vale ressaltar que o experimento foi realizado na sala em que o servidor do campus fica alocado, logo necessitando de refrigeração ininterrupta.

As variáveis analisadas neste estudo foram: a temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%), e também a corrente elétrica (A), potência (W) e consumo de energia (Wh) de dois condicionadores de ar (modelo convencional e inverter). Além disso, o modelo do condicionador de ar e a temperatura em que ele estava programado para refrigerar o ambiente foram associados para criar uma variável chamada MODELO, que foi categorizada conforme o Quadro 1. Durante o experimento, os condicionadores de ar foram configurados para refrigerar a sala em 18 °C e depois em 23 °C, para que o comportamento deles fosse verificado em condições de trabalho diferentes, conforme o primeiro objetivo específico.

Quadro 1 – Categorização da variável MODELO.

MODELO	Temperatura programada (°C)	Modelo do condicionador de ar
IN18	18	Inverter
IN23	23	Inverter
C18	18	Convencional
C23	23	Convencional

Fonte: Elaboração própria (2025).

Para verificar a temperatura e umidade relativa do ar foi elaborado um circuito utilizando uma placa UNO R3, que possuía o microcontrolador Atmega328. Em conjunto com a placa, foi utilizado 2 sensores de temperatura e umidade DHT11, que estavam conectados a placa por meio de uma protoboard e jumpers. Por meio da programação inserida no microcontrolador, ele transformava o sinal digital recebido dos sensores nos valores de temperatura e umidade e os enviava pela porta serial da placa.

Para verificar os parâmetros elétricos dos condicionadores de ar, foi utilizado o medidor de qualidade de energia VEGA 78, ele pode ser visto na Figura 2, que estava configurado para registrar os dados em um intervalo de integração de 30 segundos, ficando os dados salvos em sua memória.

Figura 2 – Medidor de qualidade de energia VEGA 78.



Elaboração própria (2025).

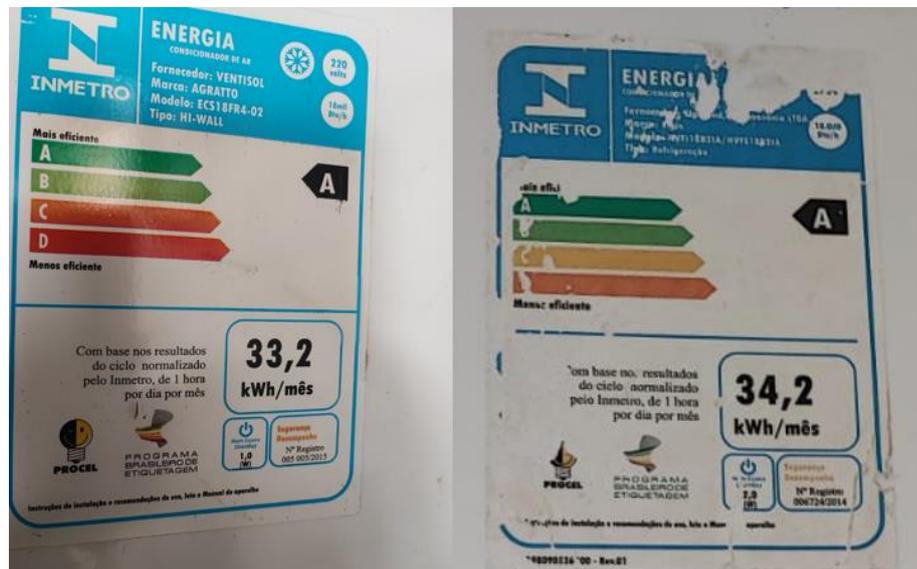
Os condicionadores de ar utilizados foram os modelos ECS18FR4-02, do tipo convencional, e o HVF118B21A do tipo inverter, conforme visto na Figura 3, a esquerda o convencional e a direita o inverter. Ambos os modelos possuíam capacidade de refrigeração de 18.000 Btus/h e eram classificados como A pela ENCE, como ilustrado na Figura 4, onde a esquerda está o modelo convencional e a direita o inverter.

Figura 3 – Modelo convencional e inverter utilizados.



Elaboração própria (2025).

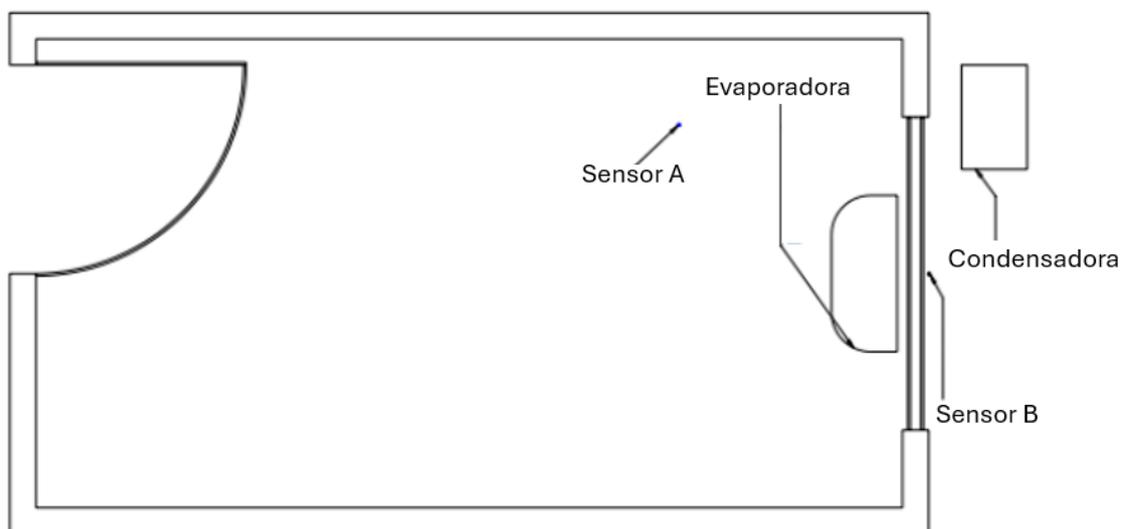
Figura 4 – ENCE dos condicionadores de ar.



Fonte: Gomes *et al.* (2024a).

O circuito elaborado para verificar a temperatura e umidade foi configurado para registrar os valores a cada 30 segundos, esse registro estava sendo realizado no EXCEL, por meio da porta serial da placa. Um dos sensores foi posicionado internamente, para verificar a temperatura dentro da sala, e o outro foi posicionado fora da sala, verificando a temperatura e umidade do ar. A Figura 5 mostra um croqui de como os sensores foram posicionados.

Figura 5 – Croqui do posicionamento dos sensores.



Fonte: Adaptado de Gomes *et al.* (2024a).

O posicionamento dos sensores foi definido considerando os locais de troca de calor do condicionador de ar com o ambiente interno e externo. O sensor interno foi posicionado próximo ao condicionador de ar, pois é onde há a troca de calor entre o evaporador e o ambiente interno, e o sensor externo foi posicionado próximo ao condensador, onde o calor removido da sala é dissipado ao ambiente externo. Vale lembrar que os condicionadores de ar foram trocados na mesma sala, portanto o posicionamento dos sensores não sofreu alteração durante o experimento, garantindo as mesmas condições durante todo o período de coleta de dados.

3.2 Análise do consumo e desempenho térmico dos condicionadores de ar

Durante a disciplina Trabalho de Conclusão de Curso I (TCC I) foram realizadas duas comparações diretas do consumo de energia dos condicionadores de ar, convencional e inverter, utilizando o VEGA 78, com o objetivo de identificar qual apresentava menor consumo (Gomes, *et al.*, 2024a).

Também foram realizadas análises gráficas a partir dos dados coletados com o sensor DHT11 e o VEGA 78. Os gráficos foram elaborados através do EXCEL, utilizando a potência do condicionador de ar registrada pelo VEGA 78 para demonstrar a diferença no funcionamento dos dois modelos de condicionadores de ar. E também, para verificar qual deles demonstrava melhor desempenho térmico, foram elaborados gráficos utilizando a temperatura registrada pelo sensor interno.

Essas análises foram realizadas utilizando 4 amostras dos dados coletados, conforme o Quadro 1, sendo uma amostra para cada configuração. Cada amostra corresponde a um período de cerca de 16 horas de funcionamento dos condicionadores de ar, de aproximadamente 18:00 horas até as 10:00 horas do dia seguinte. Além disso, essas amostras foram escolhidas de maneira a garantir que as comparações fossem feitas em dois cenários diferentes, em um deles, a média da temperatura ambiente sendo favorável (mais baixa) para um modelo de ar-condicionado, no outro, sendo favorável para o outro modelo. Isso foi feito com o objetivo de testar a hipótese de que a temperatura ambiente tem um impacto significativo no consumo de energia dos aparelhos.

3.3 Análises estatísticas

As análises estatísticas deste experimento foram realizadas através do Minitab, um *software* que possui diversas ferramentas para elaborar análises estatísticas e gerar relatórios detalhados. A escolha desse programa foi dada pela capacidade de processar o volume de dados obtido na coleta e por possuir as ferramentas necessárias para realizar a análise dos dados deste estudo. Durante o experimento, foram registrados 21.278 dados, conforme visto no Quadro 2.

Quadro 2 – Tamanho e configuração das amostras para as análises estatísticas.

Número de dados	Temperatura programada (°C)	Modelo do condicionador de ar
5807	18	Convencional
1983	23	Convencional
5011	18	Inverter
8477	23	Inverter

Fonte: Elaboração própria (2025).

Para avaliar a variabilidade da temperatura captada pelo sensor dentro da sala foi elaborada uma carta de controle para dados individuais, e foi calculado o desvio padrão, contando somente a partir do momento em que a sala já estava refrigerada, desconsiderando o início, quando o condicionador de ar estava desligado.

Para avaliar qual modelo de condicionador de ar foi mais eficiente, no que diz respeito ao consumo de energia, foi realizada uma análise de variância (ANOVA) relacionando a média da potência do condicionador de ar dentro do intervalo de integração de 30 segundos do VEGA 78 com a variável MODELO.

Para investigar a relação das variáveis com o consumo de energia dos condicionadores de ar, foi realizada uma análise de regressão múltipla. Nessa análise, a variável de resposta (Y) foi a corrente média do condicionador de ar, e as variáveis explicativas (X) foram o MODELO como variável categórica e, as temperaturas e a umidade externa como variáveis contínuas. A corrente média foi escolhida como variável de resposta pois é pela variação da corrente que o modelo inverter altera a rotação do compressor, a tensão é determinada pela rede e caso não haja problemas

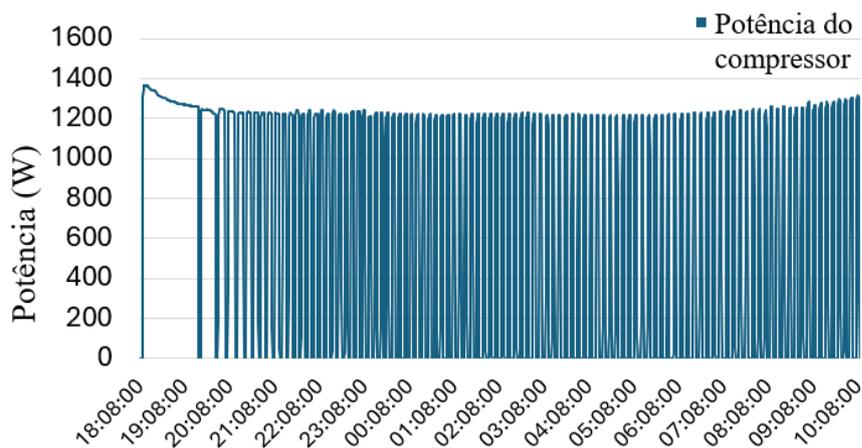
com a rede, a tensão irá apresentar pouquíssima variação, ficando a corrente praticamente a única responsável por determinar o consumo de energia.

Em uma regressão, o p é uma medida que serve para indicar se as variáveis explicativas possuem efeito significativo sobre a variável de resposta, se ele for um valor muito pequeno, menor que 0,1, isso significa que a relação entre a variável Y e as variáveis X é estatisticamente significativa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Buscando verificar o comportamento dos condicionadores de ar selecionados para este estudo, foram elaborados gráficos a partir dos dados coletado com o VEGA 78. O Gráfico 6 mostra o comportamento da potência do modelo convencional ao longo de 16 horas. Cada vez que a potência cai a zero, significa que o compressor desligou, nota-se que ao longo desse período o compressor ligou e desligou diversas vezes. Toda vez que o compressor é acionado, há a ocorrência de uma corrente de pico, que, neste modelo de condicionador de ar, foi constatada como sendo pouco mais de 4 vezes maior que a corrente nominal, conforme verificado com o VEGA 78.

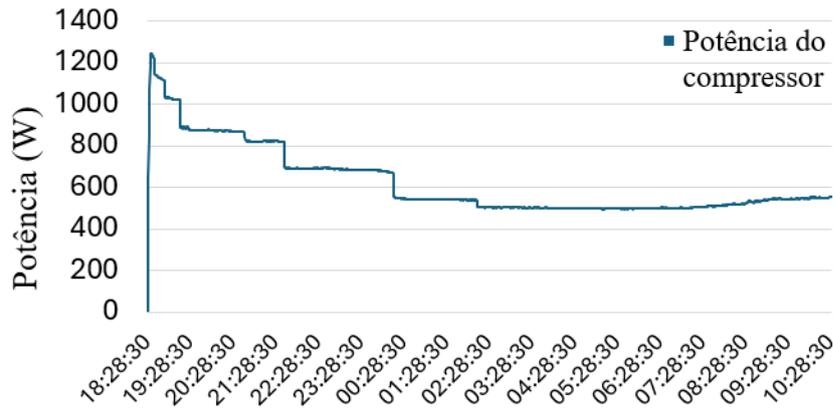
Gráfico 6 – Potência do compressor do condicionador de ar convencional.



Fonte: Gomes *et al.* (2024a).

Da mesma forma, o Gráfico 7 apresenta o comportamento da potência do modelo inverter durante um período também de 16 horas. Observa-se que, diferente do modelo convencional, o compressor do modelo inverter não foi desligado em nenhum momento, em vez disso, a sua potência foi ajustada. Essa modulação altera a quantidade de trabalho fornecida ao fluido refrigerante e, além de permitir uma redução no consumo de energia, possibilita um controle mais preciso da temperatura do ambiente refrigerado.

Gráfico 7 – Potência do compressor do condicionador de ar inverter.



Fonte: Gomes *et al.* (2024a).

Embora o compressor do modelo inverter não tenha desligado como foi visto no Gráfico 7, o modelo inverter também pode desligar o compressor assim como o convencional, isso aconteceu nos casos em que a quantidade de trabalho necessária para manter o ambiente refrigerado na temperatura desejada foi baixa.

O Quadro 3 e o Quadro 4 mostram as comparações do consumo de energia dos condicionadores de ar configurados para 18 °C e 23 °C, respectivamente. Nota-se que, em uma das configurações (18°C), o consumo de energia do modelo convencional foi menor, enquanto na outra (23°C) o consumo do modelo inverter foi menor.

Quadro 3 – Consumo de energia com os condicionadores de ar programados para a temperatura de 18 °C.

Média da temperatura externa (°C)	Modelo do condicionador de ar	Consumo (Wh)
21,43	Convencional	9.802,23
24,11	Inverter	9.963,45

Fonte: Adaptado de Gomes *et al.* (2024a).

Quadro 4 – Consumo de energia com os condicionadores de ar programados para a temperatura de 23 °C.

Média da temperatura externa (°C)	Modelo do condicionador de ar	Consumo (Wh)
23,92	Convencional	4.081,78
22,53	Inverter	1.994,01

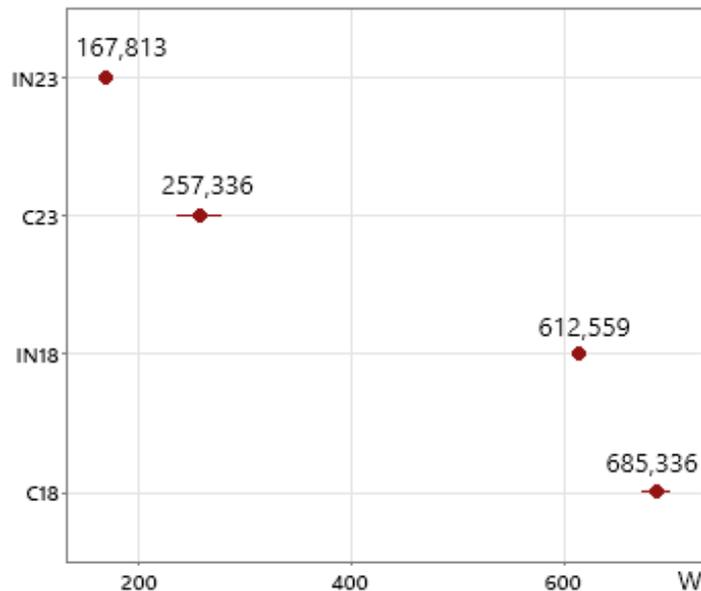
Fonte: Adaptado de Gomes *et al.* (2024a).

Na comparação observada no Quadro 3, o consumo de energia do condicionador de ar convencional foi cerca de 1,64% menor que o do condicionador de ar inverter, neste cenário, a média da temperatura externa estava favorável ao modelo convencional. Já na comparação disposta pelo Quadro 4, o consumo de energia do inverter foi menor, com uma diferença de aproximadamente 104,7%, nesse segundo cenário a média da temperatura externa estava favorável ao inverter, contudo, a diferença das médias foi menor que o primeiro caso. Esses resultados mostram que a temperatura ambiente, um fator climático, tem um grande impacto no consumo de energia. Além disso, no cenário favorável ao inverter, o seu consumo de energia foi muito menor que o convencional, o mesmo não aconteceu com o convencional, no cenário favorável a ele, ele apresentou quase o mesmo consumo que o inverter.

Um fator que pode ter influenciado nesses resultados é o da temperatura em que os condicionadores de ar foram programados para refrigerar o ambiente, no primeiro cenário, foi de 18 °C e no segundo de 23 °C, em outras palavras, caso a configuração fosse a mesma nos dois cenários, a diferença no consumo entre os aparelhos seria diferente, contudo, a discrepância observada no segundo caso foi tão grande que torna essa questão insuficiente para invalidar o resultado. Inicialmente, este trabalho seria feito considerando também os condicionadores de ar programados para refrigerar o ambiente para 20 °C também, para que pudesse ser mapeado a variação do consumo a partir da configuração do equipamento, contudo, isso não pode ser feito pois perto do final da coleta de dados houve um problema com o sensor DHT11, e considerando somente duas configurações (18 °C e 23°C) não foi possível realizar esse mapeamento.

O Gráfico 8 mostra a carta de comparação de médias da potência elétrica dos condicionadores de ar da análise ANOVA, a menor média foi do MODELO IN23, seguido do C23, IN18 e por fim o C18.

Gráfico 8 – Carta de comparação de médias da potência dos condicionadores de ar (ANOVA).

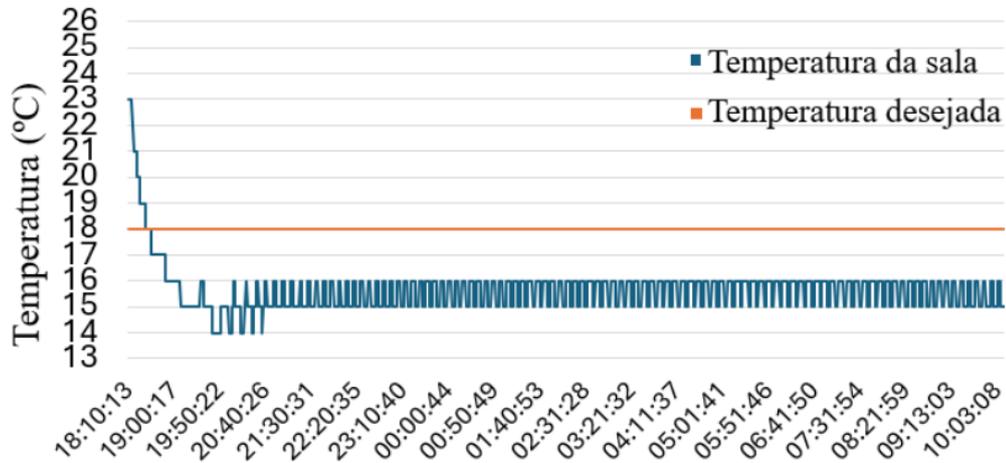


Fonte: Elaboração própria (2025).

A média da potência está diretamente ligada ao consumo, quanto menor a média, menor o consumo. Esse resultado está de acordo com o obtido pelas comparações diretas, e ainda, mostra que a temperatura em que o condicionador de ar é configurado para refrigerar o ambiente é um fator que não só está diretamente ligado ao consumo, como tem impacto significativo sobre ele, conforme visto também por Gomes *et al.* (2024b) no estudo em que verificaram essa questão em um condicionador de ar do tipo convencional. Na mesma temperatura programada, o modelo inverter se sobressaiu em relação ao convencional, mas em temperaturas diferentes, com o convencional em 23 °C e o inverter em 18 °C, o convencional apresentou consumo inferior a menos da metade do consumo do inverter. Esse resultado não está de acordo a estimativa do consumo indicado pela ENCE na Figura 4, na prática o consumo do inverter foi menor.

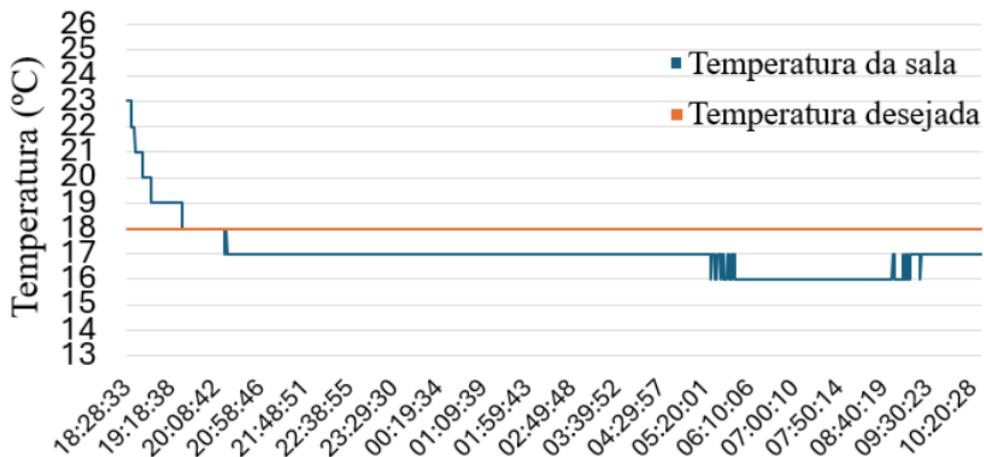
Em relação a temperatura, o Gráfico 9 mostra o recorte de 16 horas da temperatura captada pelo sensor interno com o condicionador de ar convencional em funcionamento, enquanto o Gráfico 10 mostra o recorte com o inverter.

Gráfico 9 – Temperatura captada pelo sensor interno em um período de 16 horas com o condicionador de ar convencional.



Fonte: Gomes *et al.* (2024a).

Gráfico 10 – Temperatura captada pelo sensor interno em um período de 16 horas com o condicionador de ar inverter.



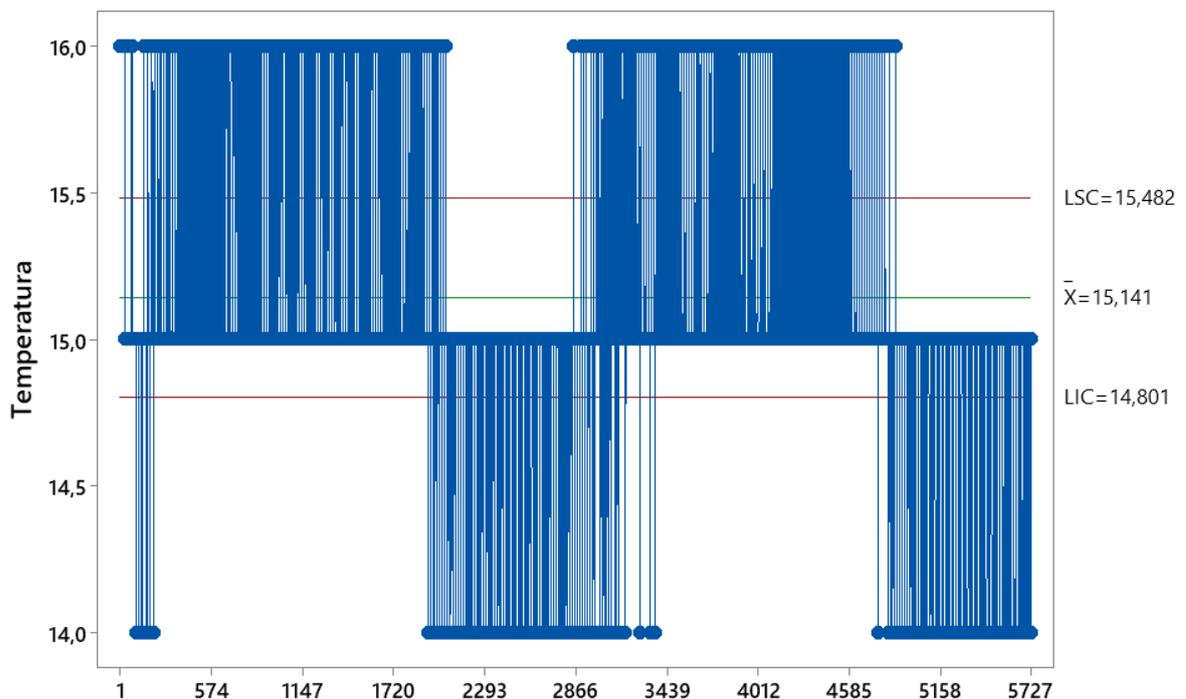
Fonte: Gomes *et al.* (2024a).

Observou-se que com o modelo convencional houve muitas oscilações, enquanto com o inverter a maior parte do tempo a temperatura se manteve estável, o que está de acordo com o modo de funcionamento característico desses modelos. Também foi verificado que a temperatura captada pelo sensor foi inferior a desejada em ambos os modelos, com exceção do início, pois o condicionador de ar estava inicialmente desligado. Isso ocorreu por que, a temperatura na sala não é uniforme, próximo ao condicionador de ar a temperatura é menor para que possa haver a troca

de calor e o ambiente seja climatizado, fazendo com que o sensor, localizado próximo ao condicionador de ar registrasse valores menores que a temperatura desejada (Gráficos Gráfico 9 e Gráfico 10).

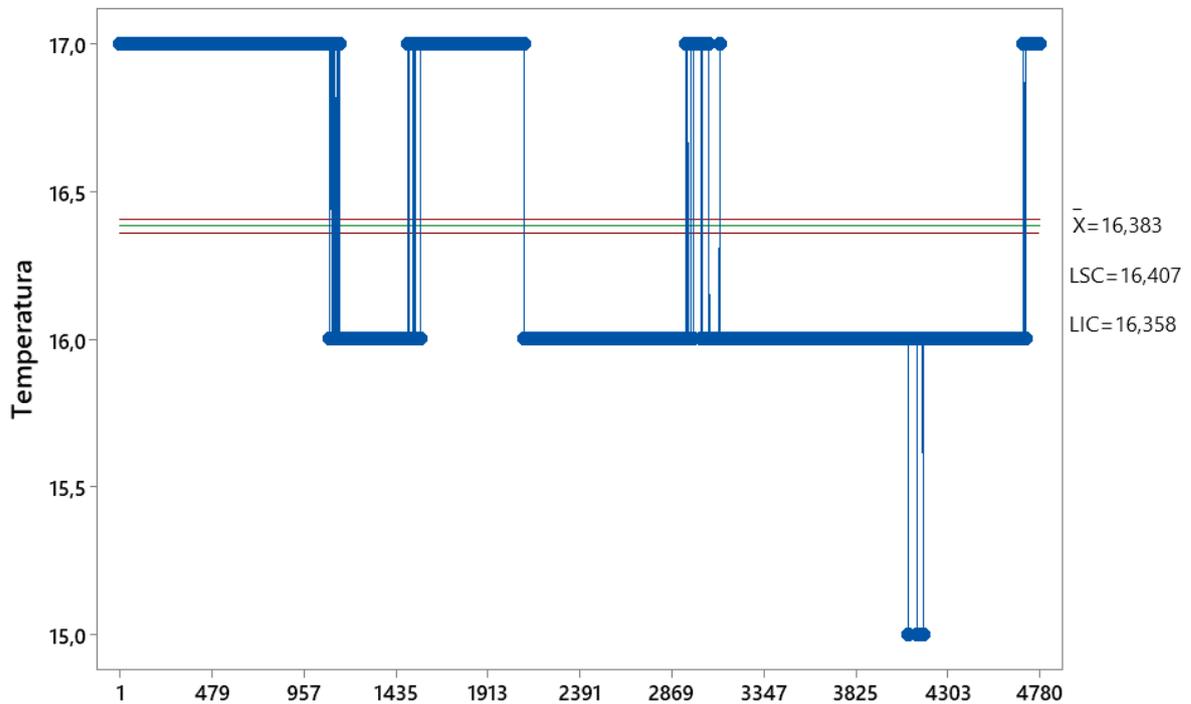
O Gráfico 11 e o Gráfico 12 apresentam os dados da temperatura registrada pelo sensor dentro da sala com o modelo convencional e inverter, respectivamente. A linha vermelha representa o limite superior de controle (LSC) e o limite inferior de controle (LIC), e a linha verde representa a média amostral (\bar{X}). Uma das variáveis para o cálculo desses limites é o desvio padrão, logo, o intervalo menor entre esses limites observado no Gráfico 12 indica uma menor variabilidade da temperatura na sala com o modelo inverter.

Gráfico 11 – Registro da temperatura com o modelo convencional em 18 °C.



Fonte: Elaboração própria (2025).

Gráfico 12 – Registro da temperatura com o modelo inverter em 18 °C.



Fonte: Elaboração própria (2025).

Um fato interessante é que o modelo convencional permitia ajustar a temperatura em 0,5 °C, enquanto o modelo inverter só permitia ajustes a cada 1 °C, o que inicialmente parecia indicar um controle de temperatura superior no modelo convencional. No entanto, graficamente o inverter apresentou uma variação menor, e isso foi confirmado por meio do desvio padrão, conforme visto no Quadro 5. O desvio padrão menor do modelo inverter significa que a dispersão da temperatura em relação à média dela foi menor que a do modelo convencional. Foi escolhida a configuração de 18 °C para verificar o desvio padrão ao invés da configuração de 23 °C pois, nesse segundo caso, a diferença na quantidade de dados era grande, conforme visto no Quadro 2.

Quadro 5 – Desvio padrão da temperatura com os condicionadores de ar em 18 °C.

Modelo do condicionador de ar	Desvio padrão
Convencional	0,626
Inverter	0,489

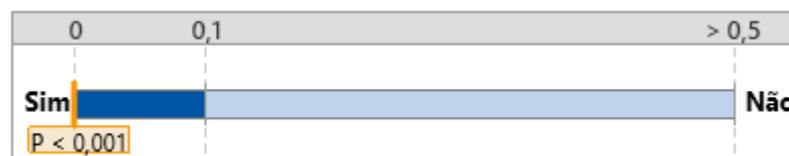
Fonte: Elaboração própria (2025).

A soma desses resultados indica que o modelo inverter apresentou melhor desempenho térmico no quesito de refrigeração do ambiente, com relação a variação de temperatura. Em outras palavras, o modelo inverter foi capaz de manter a temperatura dentro de um intervalo menor e com menos oscilações que o modelo convencional, o que está de acordo com Rangel (2020), que afirma que o modelo inverter apresenta menos oscilações de temperatura que o modelo convencional.

O inverter apresentou menor variabilidade, mas outra questão que poderia ser analisada era qual modelo manteve a temperatura na sala mais próxima da desejada, já que como podemos ver nos Gráficos Gráfico 11 e Gráfico 12, a diferença da média amostral foi maior que 1 °C, o que indica uma diferença considerável e sugere que, nesse quesito, um dos modelos foi superior ao outro. Contudo, como a temperatura na sala não é uniforme e a limitação de haver apenas um sensor para medição dentro da sala, não foi possível concluir de forma precisa qual dos modelos manteve temperatura média da sala mais próxima da desejada.

Já em relação a regressão múltipla, as equações finais do modelo gerado podem ser vistas no APÊNDICE A – RELATÓRIO DAS EQUAÇÕES. O valor de p do modelo de regressão foi um valor muito pequeno, menor que 0,001 conforme visto na Figura 6, isso significa que a relação entre a variável de resposta Y (corrente elétrica média do condicionador de ar) e as variáveis explicativas X (temperatura, umidade e MODELO) era estatisticamente significativa, os seja essas variáveis apresentam impacto significativo no consumo de energia do condicionador de ar.

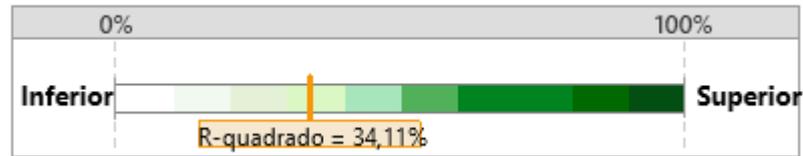
Figura 6 – Relação entre a variável de resposta e as variáveis explicativas.



Fonte: Elaboração própria (2025).

A Figura 7 mostra qual o valor do R-quadrado, que indica o quanto da variação em Y pode ser explicada pelo modelo de regressão, 34,11% da variação em Y pôde ser explicado pelo modelo.

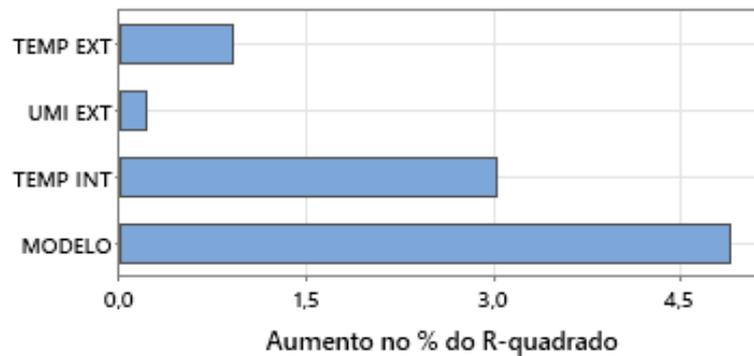
Figura 7 – Porcentagem de variação explicado pelo modelo.



Fonte: Elaboração própria (2025).

O Gráfico 13 mostra o impacto incremental das variáveis X, ou seja, a contribuição da variável explicativa para a explicação da variabilidade da variável de resposta, o fator de maior contribuição foi o MODELO, seguido pela temperatura dentro da sala, a temperatura fora da sala e umidade fora da sala.

Gráfico 13 – Impacto incremental das variáveis X.



Fonte: Elaboração própria (2025).

O modelo de regressão não teve problemas com a normalidade, e amostra era grande o suficiente para obter uma estimativa precisa da força da relação, contudo, houve um grande número de resíduos, cerca de 5,5% dos pontos da amostra, esses resíduos são pontos de dados que não estavam bem ajustados pela equação, ou seja, pontos em que os valores observados não estão de acordo com o que foi previsto pela equação. Essa grande quantidade de resíduos está relacionada com o comportamento do condicionador de ar, pois a variável de resposta não é afetada pelas variáveis explicativas de forma imediata.

5 CONCLUSÃO

De acordo aos resultados encontrados, considerando a relação do desempenho térmico e a refrigeração do ambiente, o modelo inverter apresentou melhor desempenho térmico que o modelo convencional, em relação a variação de temperatura. É claro que se a comparação fosse feita com outros modelos de condicionador de ar, o resultado poderia ser diferente, pois mesmo que tenha sido escolhido dois modelos com a mesma classificação ENCE para garantir uma análise equitativa, a classificação ENCE diz respeito ao consumo e eficiência energética do equipamento, ele poderia ainda ser menos eficiente e possuir melhor desempenho térmico em relação a variabilidade da temperatura.

Quanto ao consumo energético, o modelo inverter se mostrou mais eficiente que o convencional, embora a estimativa do consumo indicada na etiqueta ENCE do modelo convencional fosse um pouco menor que a do Inverter. Essa superioridade já pôde ser percebida pela comparação descritiva, e a análise estatística endossou esse resultado. Além de demonstrar a vantagem em relação ao consumo energético, a análise estatística (ANOVA) apontou também que a configuração do condicionador de ar é um fator de grande influência no consumo, ratificando a hipótese levantada nesta pesquisa.

Outro fator relevante verificado em relação ao consumo energético foi o de que, diferente do que foi observado neste estudo, a ENCE dos condicionadores de ar estimava um consumo menor para o modelo convencional, o que mostra que embora essa etiqueta seja muito útil para verificar a eficiência de um equipamento, não é recomendado que a estimativa do consumo indicado na etiqueta seja fator decisivo na escolha de um condicionador de ar.

A partir do modelo de regressão múltipla, foi verificado que a relação entre as variáveis explicativas (temperatura, umidade e MODELO) e a de resposta (corrente elétrica) foi estatisticamente significativa. Contudo, por conta da grande quantidade de resíduos gerados, seria interessante, em pesquisas futuras, utilizar um outro modelo de regressão ou até mesmo outro método, que explique melhor a variação da variável de resposta.

Ademais, esse estudo pôde contribuir para um melhor entendimento do consumo energético de condicionadores de ar, e pode ajudar ao IFBA Campus Jequié na adoção de medidas para reduzir o consumo proveniente do uso desses aparelhos.

REFERÊNCIAS

BORGNACKE, Claus; SONNTAG, Richard E. **Fundamentos da termodinâmica**. Tradução da 8ª edição norte-americana. Coordenação e tradução de Roberto Aguiar Peixoto. São Paulo: Blucher, 2018.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Portaria n.º 269, de 22 de junho de 2021. Aprova os Requisitos de Avaliação da Conformidade para Condicionadores de Ar. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 78, 25 jun. 2021.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Atlas da Eficiência Energética 2019 – **Relatório de Indicadores**. Rio de Janeiro: EPE, 2019. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/atlas-da-eficiencia-energetica-brasil-2019>. Acesso em: 12 jan. 2025.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Atlas da Eficiência Energética 2024 – **Relatório de Indicadores**. Rio de Janeiro: EPE, 2024a. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/atlas-de-eficiencia-energetica-brasil-2024>. Acesso em: 12 jan. 2025.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2024 – Ano base 2023: **Relatório final**. Rio de Janeiro: EPE, 2024b. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2024>. Acesso em: 12 jan. 2025.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2024 – Ano base 2023: **Relatório síntese**. Rio de Janeiro: EPE, 2024c. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2024>. Acesso em: 12 jan. 2025.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOMES, Matheus Oliveira; OLIVEIRA, Isaias dos Santos; QUEIROZ, Rita de Cassia Souza de; SANTOS, Anderson Oliveira. Estudo experimental e comparativo do desempenho técnico e consumo de energia de um ar-condicionado convencional e um inverter. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE INGENIERÍA MECÁNICA – CIBIM, XVI, 2024, Concepción. **Anais** [...]. Concepción: CIBIM, 2024a.

GOMES, Matheus Oliveira; OLIVEIRA, Isaias dos Santos; ROCHA, Marcio Andrade; INOCENCIO, Layse da Silva. Estudo experimental e comparativo do consumo de energia de um ar-condicionado convencional em temperatura de conforto e abaixo dela. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA – CONEM, XII, 2024, Natal. **Anais** [...]. Natal: CONEM, 2024. ISSN 2966-3121. DOI:

<https://doi.org/10.26678/ABCM.CONEM2024.CON24-0714>. Acesso em: 27 nov. 2024b.

MME – Ministério de Minas e Energia / EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2034 – Demanda de Energia e Eficiência Energética**. Brasília: MME/EPE, 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2034>. Acesso em: 12 jan. 2025.

NISE, Norman S. **Engenharia de sistemas de controle**. Tradução e revisão técnica Jackson Paul Matsuura. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

RANGEL, Maurício Silva. **Análise do consumo e qualidade de energia em condicionadores de ar convencional e inverter**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Itumbiara, 2020. Disponível em: <http://repositorio.ifg.edu.br/handle/prefix/630>. Acesso em: 27 nov. 2024.

SILVA, W. W.; OLIVEIRA, R. D.; LIMA, F. R. S. Análise energética de condicionadores convencionais e inverter em habitações não adaptadas ao clima. **E&S – Engineering and Science**. v. 12, n. 2, p. 1–21, 2023. DOI: 10.18607/ES20231215200. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/eng/article/view/15200>. Acesso em: 27 nov. 2024.

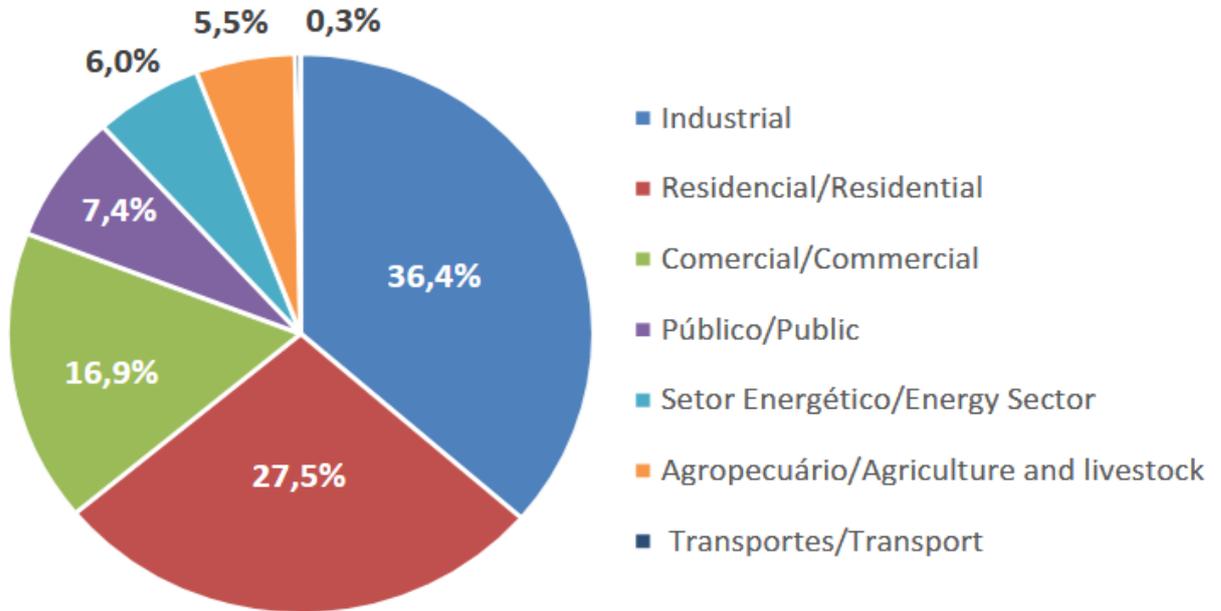
APÊNDICE A – RELATÓRIO DAS EQUAÇÕES FINAIS DO MODELO DE REGRESSÃO

X1: TEMP EXT X2: UMI EXT X3: TEMP INT X4: MODELO

MODELO	Equações Finais	
C18	I1_Avg [A] =	$-57,93 + 1,938 X1 + 0,0499 X2 + 3,529 X3 - 0,01788 X1^2 - 0,04983 X3^2 - 0,002565 X1 \cdot X2 - 0,04476 X1 \cdot X3$
C23	I1_Avg [A] =	$-52,30 + 2,136 X1 + 0,0499 X2 + 2,773 X3 - 0,01788 X1^2 - 0,04983 X3^2 - 0,002565 X1 \cdot X2 - 0,04476 X1 \cdot X3$
IN18	I1_Avg [A] =	$-52,77 + 1,923 X1 + 0,0499 X2 + 3,154 X3 - 0,01788 X1^2 - 0,04983 X3^2 - 0,002565 X1 \cdot X2 - 0,04476 X1 \cdot X3$
IN23	I1_Avg [A] =	$-54,56 + 2,101 X1 + 0,0499 X2 + 2,898 X3 - 0,01788 X1^2 - 0,04983 X3^2 - 0,002565 X1 \cdot X2 - 0,04476 X1 \cdot X3$

ANEXO A – GRÁFICO DA PARTICIPAÇÃO SETORIAL NO CONSUMO DE ELÉTRICIDADE

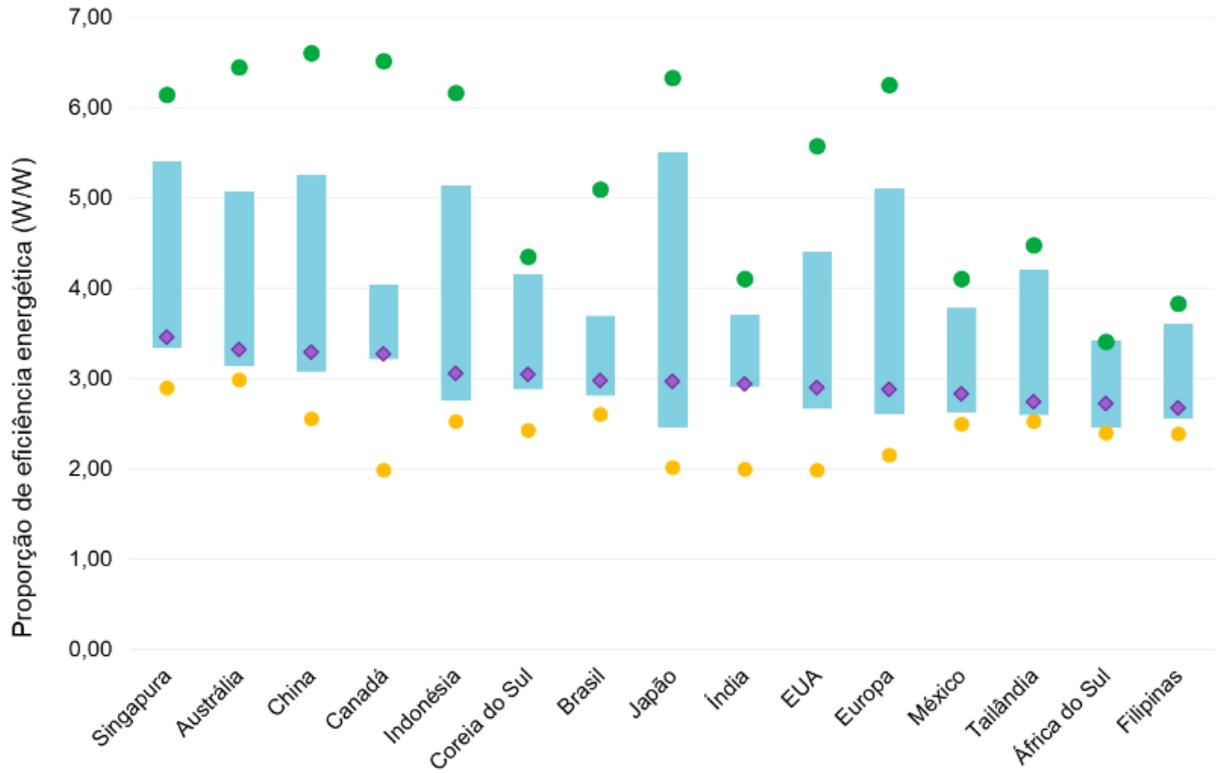
Gráfico 14 – Participação setorial no consumo de eletricidade no ano de 2023.



Fonte: EPE (2024b).

ANEXO B – GAMA DE EFICIÊNCIAS DISPONÍVEIS PARA CONDICIONADORES DE AR RESIDENCIAIS

Gráfico 15 – Eficiências disponíveis para condicionadores de ar residenciais.



Fonte: EPE (2019).



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DA BAHIA**

**ATA
ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC II)
ENGENHARIA MECÂNICA**

Às 19:20 horas do dia 22 de janeiro de 2025, reuniu-se na sala de videoconferência, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, campus Jequié, a Banca Examinadora para avaliação do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado "AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO DESEMPENHO E CONSUMO DE ENERGIA EM ARES-CONDICIONADOS" de autoria do(a) discente Matheus Oliveira Gomes, composta pelos docentes Dra. Rita de Cássia Souza de Queiroz Lopes (Orientadora), Esp. Marcelo de Paole Moreira Miranda (coorientador e membro examinador) e Esp. Waldson Pereira Luz Júnior (membro examinador), para a sessão de defesa pública do referido trabalho, requisito para a obtenção do Grau de bacharel em Engenharia Mecânica, com ênfase em mecatrônica. Abrindo a sessão, a orientadora e Presidente da Banca, Prof(a). Dra. Rita de Cássia Souza de Queiroz Lopes, após cumprimentar e agradecer, passou a palavra ao discente para apresentação de seu trabalho, com duração de 17 minutos. Posteriormente, seguiu-se as contribuições proferidas pelos membros da Banca. Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença do discente e do público, para julgamento e expedição do resultado final. O discente foi considerado APROVADO, pelos membros da Banca Examinadora, tendo sido atribuída nota **9,0** referente ao seu TCC. O resultado foi então comunicado publicamente ao discente pelo Presidente da Banca. Foi concedido o prazo máximo de 15 (quinze) dias para a discente efetuar as correções sugeridas pela Banca Examinadora e apresentar o trabalho em sua redação definitiva, sob pena de não expedição do Diploma. E, para constar, foi lavrada a presente ata e assinada pelos membros da Banca para fins de produção de seus efeitos legais. Nada mais havendo a tratar, o Presidente da Banca Examinadora deu por encerrado o julgamento que teve por conteúdo o teor desta Ata.

Jequié -BA, 22 de janeiro de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **RITA DE CASSIA SOUZA DE QUEIROZ LOPES**
Data: 29/01/2025 08:47:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Rita de Cássia Souza de Queiroz Lopes
Presidente da Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
 **MARCELO DE PAOLE MOREIRA MIRANDA**
Data: 04/02/2025 16:42:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Esp. Marcelo de Paole Moreira Miranda
Membro da Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
 **WALDSON PEREIRA LUZ JUNIOR**
Data: 29/01/2025 16:52:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Esp. Waldson Pereira Luz Júnior
Membro da Banca Examinadora