

COMPARATIVO ECONÔMICO ENTRE CONDICIONADORES DE AR COM TECNOLOGIAS CONVENCIONAL E INVERTER

Filipe Marangoni (UTFPR)

fi.marangoni@gmail.com

Tais Tellini (UTFPR)

taistellini@hotmail.com

Renan Paula Ramos Moreno (UTFPR)

renanp_moreno@hotmail.com

Samir de Oliveira Ferreira (UTFPR)

sferreira@utfpr.edu.br

Evandro Andre Konopatzki (UTFPR)

eakonopatzki@gmail.com



Com o aumento na tarifa de energia elétrica as empresas têm buscado formas de economizar este insumo. Conhecer o funcionamento dos condicionadores de ar e entender a inovação tecnológica promovida pelo sistema Split-inverter pode subsidiar o gestor na decisão de troca dos seus aparelhos. Este artigo objetivou apresentar o comportamento dos compressores de ar dos aparelhos condicionadores de ar convencionais, construindo cenários relacionados ao tempo de uso do aparelho e, respectivamente, do compressor a fim de comparar a energia gasta nestes aparelhos com a dos equipamentos com tecnologia inverter. Foi usado o ambiente “biblioteca” da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), câmpus Medianeira, como teste das análises metodológicas que consistiram na construção de suposições, cenários e sub-cenários relacionados à troca dos aparelhos de forma imediata ou no aguardo da queima dos já instalados, analisando o uso de mão de obra própria ou terceirizada, ao tempo de funcionamento do compressor e à economia proporcionada pelo sistema inverter. A viabilidade econômica foi verificada para cada sub-cenário onde foi constatado que a troca não é interessante em qualquer caso, que ela é bastante motivada na queima do aparelho já instalado, dado que nesta situação a compra de um aparelho seria inevitável e tomada somente a diferença financeira do sistema inverter, especialmente se houver comprovação de que o compressor do condicionador de ar convencional trabalhe por tempo não inferior a 50% do uso do aparelho e que o sistema inverter apresente economia não inferior a 30%, havendo constatação de indicadores TIR positivo, Payback inferior a 48 meses e VPL máximo de R\$ 179.602,61.

Palavras-chave: Gestão energética. Viabilidade econômica. Inovação tecnológica. Consumo de energia.

1. Introdução

O valor da tarifa da energia elétrica no Brasil tem passado por reajustes frequentes. Além disso, quando as condições são desfavoráveis para a geração de energia elétrica pelas hidrelétricas, as usinas termelétricas, que possuem um custo maior para a produção de energia elétrica, entram em operação. Desta forma foi criado o sistema de bandeiras tarifárias, onde os consumidores terão um acréscimo no valor da fatura de energia, para compensar o custo adicional da geração (ANEEL, 2015).

Com o objetivo de redução de despesas, este trabalho apresenta uma análise sobre a viabilidade econômica na substituição do aparelho de ar-condicionado do tipo convencional, da biblioteca da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) câmpus Medianeira, por um aparelho mais econômico que trabalha com a tecnologia inverter.

A utilização da biblioteca é algo fundamental para os estudantes. Manter a biblioteca com uma temperatura adequada é importante para garantir o conforto térmico e não prejudicar os alunos na hora dos estudos. Desta forma, não é possível diminuir a utilização do aparelho de ar-condicionado para economizar energia elétrica. A solução que deve ser adotada é a utilização de aparelhos de ar-condicionado mais eficientes.

De acordo com o guia técnico de Gestão Energética (ELETROBRÁS, 2004) todas as medidas de eficiência energética devem ser precedidas de um estudo sobre o impacto que esta medida poderá causar. Desta forma, este artigo apresenta uma revisão básica sobre o funcionamento do aparelho de ar-condicionado e as principais diferenças entre a tecnologia convencional e a tecnologia inverter.

São definidos três cenários para o funcionamento dos aparelhos, utilizados quatro valores percentuais para a economia de energia proporcionada, e apresentadas quatro situações para a substituição do aparelho atual.

A análise dos resultados é feita a partir do cálculo dos indicadores econômicos Payback, TIR e VPL, que irão indicar a viabilidade do investimento.

1.1. Funcionamento do aparelho de ar-condicionado

Para facilitar o entendimento sobre o funcionamento do aparelho de ar-condicionado, pode-se fazer uma analogia com o funcionamento da geladeira convencional. Na maioria dos casos é possível ouvir quando o motor (compressor) da geladeira está em funcionamento.

Observa-se que durante o verão normalmente o compressor da geladeira permanece mais tempo ligado e durante o inverno permanece por pouco tempo ligado.

O compressor faz parte do sistema responsável pela redução da temperatura dentro da geladeira. O tempo em que o compressor permanece ligado depende da temperatura externa, da temperatura de alimentos (que foram recentemente guardados), e também da quantidade de vezes que a porta da geladeira é aberta (pois aumenta a troca de calor entre o interior da geladeira e o meio externo).

Desta forma, mesmo a geladeira permanecendo conectada a tomada de energia elétrica durante 24 horas por dia, o seu compressor não fica ligado por 24 horas. O compressor liga somente quando é necessário reduzir a temperatura para mantê-la no valor desejado.

O mesmo princípio é válido para o aparelho de ar-condicionado, onde o compressor permanece ligado até que a temperatura do ambiente atinja o valor desejado.

Existem aparelhos que possuem a opção Ventilar e a opção Resfriar. Sendo que na opção Resfriar o compressor está ligado e o consumo de energia é elevado, pois nesta opção o aparelho convencional trabalha com a sua potência máxima. Com a escolha da opção Ventilar o aparelho funciona como um ventilador comum e o consumo de energia é baixo.

Conhecer o funcionamento do aparelho de ar-condicionado é de extrema importância para os cálculos de economia e viabilidade, pois a energia consumida depende diretamente das considerações sobre o tempo em que o compressor permanece ligado.

Existem duas tecnologias para o controle do funcionamento dos compressores dos aparelhos de ar-condicionado, a tecnologia convencional e a tecnologia inverter.

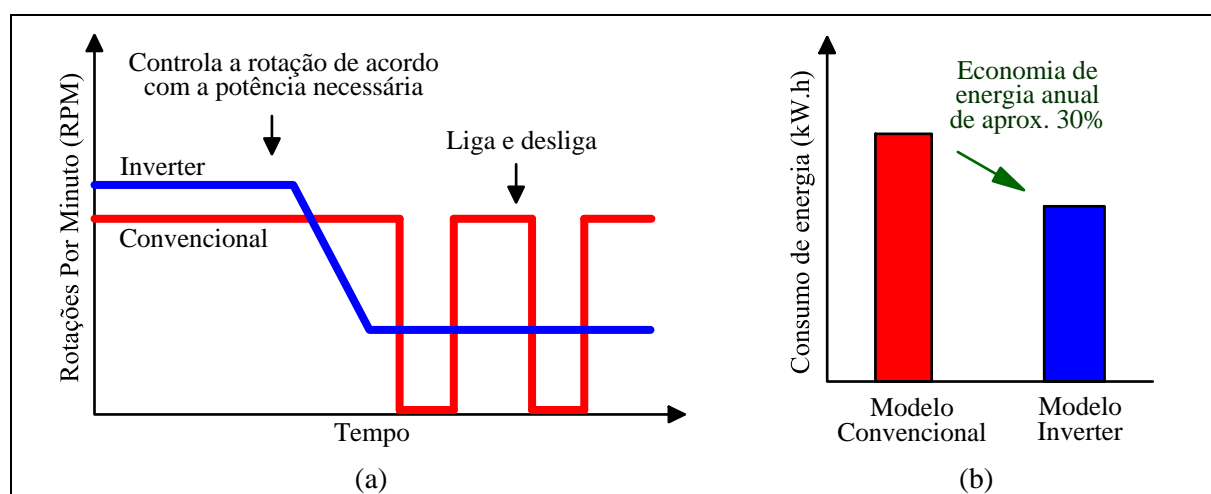
1.2. Tecnologia convencional e tecnologia inverter

No aparelho de ar-condicionado do modelo convencional o compressor possui somente duas opções, ou ligado ou desligado. Ou seja, quando é necessário resfriar o ambiente o compressor é ligado e opera com a sua potência máxima (em Watts). Quando a temperatura do ambiente chega à temperatura desejada, o compressor é desligado.

A empresa Toshiba foi a primeira fabricante a incorporar a tecnologia inverter em seus aparelhos de ar-condicionado, no ano de 1981 (TOSHIBA, 2015). Tal tecnologia é responsável pelo controle da rotação do compressor, desta forma, pode ser feito o controle da potência (em Watts) fornecida ao compressor.

A Figura 1(a) apresenta uma ilustração do fabricante Daikin, onde pode ser observado um gráfico informando a rotação do compressor, sendo que o traço vermelho representa o modelo convencional (liga e desliga) e o traço azul representa o modelo com a tecnologia inverter (onde a rotação pode ser controlada).

Figura 1 – Tecnologia convencional e inverter, (a) rotação do compressor, e (b) relação de economia

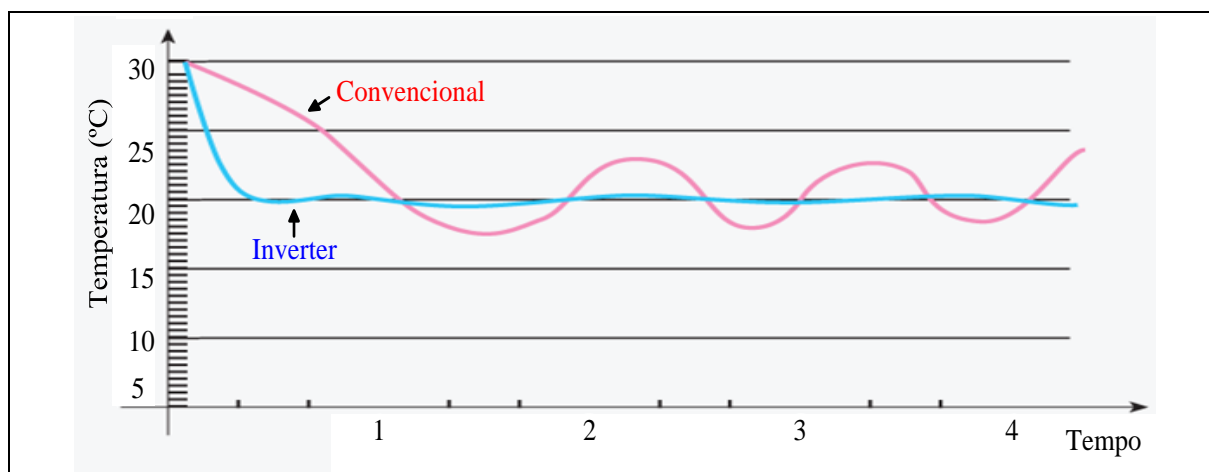


Fonte: Adaptado de Daikin (2015)

Pode ser observado na Figura 1(b) que o fabricante informa que a utilização de seus equipamentos com a tecnologia inverter pode gerar uma economia de 30% no consumo de energia em relação à utilização dos modelos convencionais.

Na Figura 2 pode ser observada a variação (oscilação) na temperatura ambiente desejada (em graus Celsius), onde a linha vermelha representa um aparelho do tipo Convencional e em Azul um aparelho com a tecnologia Inverter.

Figura 2 – Controle da temperatura para os modelos Convencional e Inverter



Fonte: Adaptado de Pioneer (2015)

De acordo com o fabricante Pioneer (2015), a precisão no controle da temperatura para o modelo Convencional chega a variar entre $\pm 3^\circ$ Celsius (traço em vermelho), enquanto a precisão no controle para o aparelho com a tecnologia inverter (traço em azul) é de $\pm 0,5^\circ$ Celsius. Outra característica observada no gráfico é o fato de que o modelo inverter é capaz de reduzir a temperatura ambiente mais rapidamente, chegando a utilizar apenas 30% do tempo necessário para o aparelho convencional. Estas características comprovam a maior eficiência do modelo Inverter em relação ao modelo Convencional.

O fabricante Daikin (2015), por exemplo, informa que seus aparelhos com a tecnologia Inverter são 30% mais econômicos no consumo de energia elétrica do que os aparelhos convencionais. Outros fabricantes informam que essa economia chega a 40%.

Alguns aparelhos da Samsung (2015) possuem uma função chamada Smart Inverter, que de acordo com a empresa, chegam a apresentar uma economia de até 60% em relação aos modelos convencionais.

2. Metodologia

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), câmpus Medianeira, iniciou suas atividades 1990 e está em constante ampliação. A biblioteca possui uma área total de 409,72m² sendo dividida em: área de estudos (236m²); área de acervo (100m²), e área administrativa (50,11m²). O acervo de livros conta com 28.907 exemplares. Para atender a alunos e professores de diferentes cursos e turnos, o seu horário de funcionamento é de segunda a sexta-feira das 08:00 às 21:45 horas, e aos sábado das 08:30 às 11:30 horas.

2.1. Definição de cenários para as análises

A biblioteca é constantemente utilizada, seja nos meses de verão ou de inverno, permanecendo em funcionamento durante os períodos de férias letivas, e sendo fechada ao público somente em períodos de recesso.

O município de Medianeira está localizado no Sul do país, no oeste do estado do Paraná (a 60 km de Foz do Iguaçu). A temperatura ambiente em um mesmo dia pode ser baixa no período da manhã (sem a necessidade da utilização do ar-condicionado) e elevada no período da tarde (com a necessidade da utilização do ar-condicionado). O fluxo de alunos na biblioteca também varia muito, tanto ao longo do dia como ao longo do ano.

Desta forma, para a realização das análises foram considerados três diferentes cenários para o funcionamento dos aparelhos de ar-condicionado.

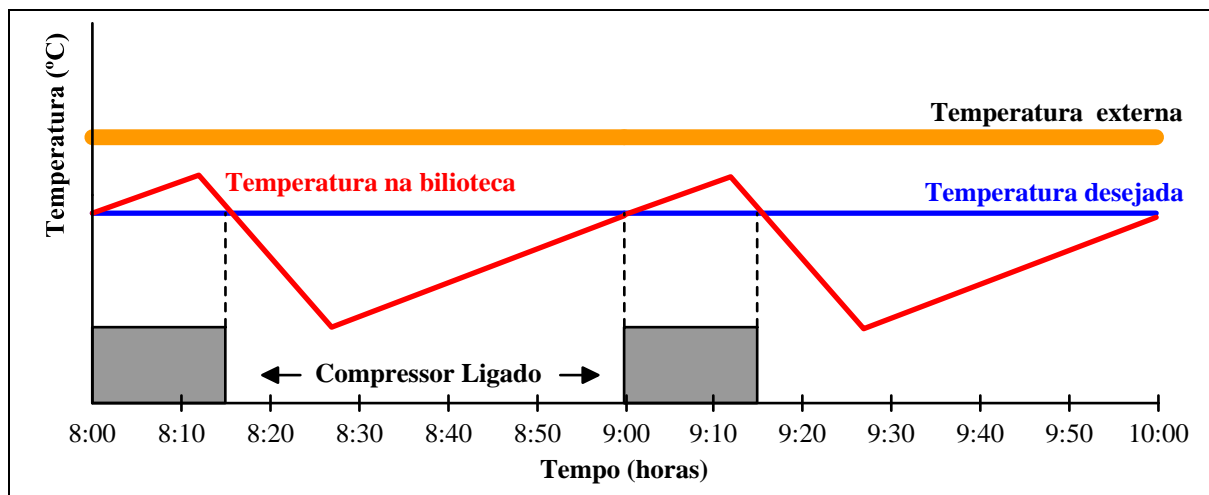
2.1.1 Primeiro cenário

No primeiro caso será considerado um período com temperaturas mais amenas e pouca movimentação de estudantes na biblioteca. Desta forma, será considerado que o compressor do aparelho de ar-condicionado permanece ligado 25% do tempo, ou seja, a cada hora o compressor ficaria ligado por 15 minutos.

Na Figura 3 é possível observar um esboço do comportamento esperado para a temperatura na biblioteca com a utilização de um aparelho de ar-condicionado convencional. O traço alaranjado (mais espesso) representa a temperatura externa, o traço em azul representa a temperatura desejada (regulada com a utilização do controle remoto do aparelho) e o traço em vermelho representa a temperatura no interior da biblioteca.

Neste esboço a “curva” da variação da temperatura foi simplesmente substituída por “traços retos” com o intuito de simplificar a elaboração da figura. Contudo, deve-se lembrar de que o comportamento real da temperatura não é linear!

Figura 3 – Esboço do comportamento esperado para a temperatura no primeiro cenário



Fonte: Autoria própria

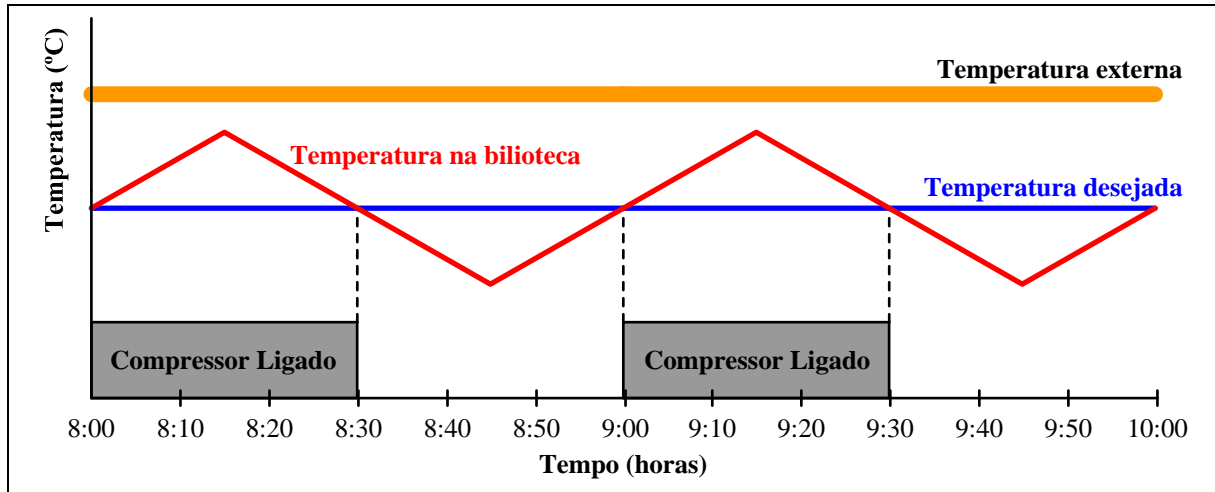
Observa-se que o tempo em que o compressor permaneceria ligado (representado pelo retângulo cinza), seria de 15 minutos para este caso, pois logo seria atingida a temperatura desejada (traço azul). Após o desligamento do compressor, a temperatura na biblioteca demoraria 45 minutos para elevar-se até ser necessário que o aparelho de ar-condicionado ligue novamente o compressor para resfriar o ambiente.

2.1.2 Segundo cenário

No segundo caso foi considerado que o compressor do aparelho de ar-condicionado ficaria ligado 50% do tempo, ou seja, em cada hora seria necessário o seu funcionando por um período de 30 minutos.

Pode ser observado na Figura 4 o esboço do comportamento da temperatura no ambiente (biblioteca) com a utilização de um aparelho de ar-condicionado convencional. Supõe-se, neste caso, que levaria o mesmo tempo para se elevar e se reduzir a temperatura.

Figura 4 – Esboço do comportamento esperado para a temperatura no segundo cenário



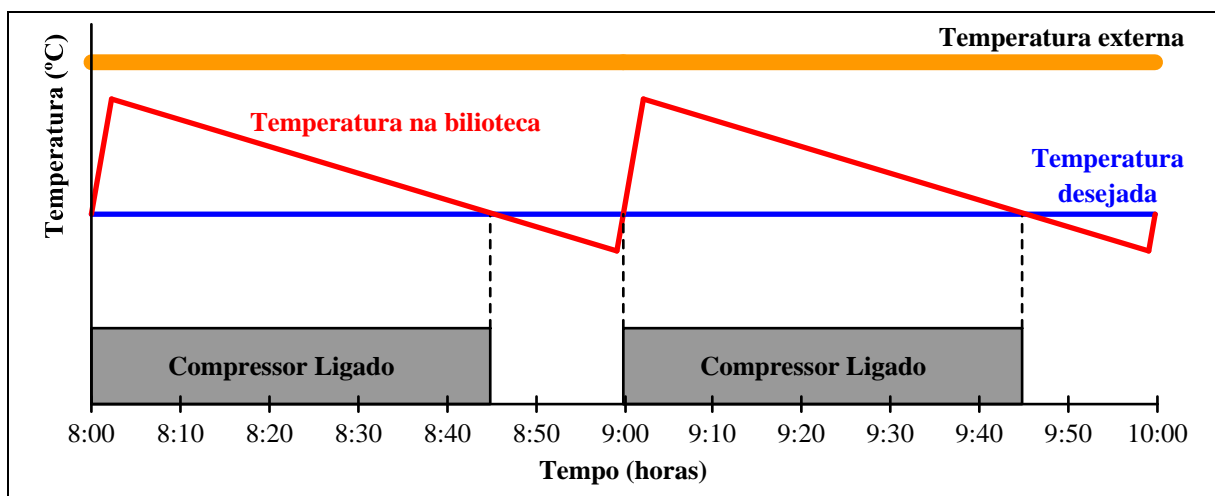
Fonte: Autoria própria

De acordo com o fabricante Pioneer (2015) a variação da temperatura (representada pelo traço em vermelho) pode ser de até 3 graus Celsius para mais ou para menos nos aparelhos do tipo convencional.

2.1.3 Terceiro cenário

Para o terceiro caso será considerado um dia de verão, onde a temperatura ambiente é mais elevada, e existe uma grande movimentação de alunos na biblioteca. Desta forma o compressor do ar-condicionado deverá permanecer mais tempo ligado para garantir o resfriamento do ambiente, como pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 – Esboço do comportamento esperado para a temperatura no terceiro cenário



Fonte: Autoria própria

O esboço do comportamento esperado para a temperatura mostra que, por ser um dia quente e com grande movimento de alunos, rapidamente a temperatura se eleva. Desta forma o aparelho deverá permanecer com o compressor funcionando durante a maior parte do tempo, sendo que neste caso o compressor permaneceria ligado por 45 minutos até conseguir reduzir a temperatura para o valor desejado.

2.2. Considerações sobre a economia de energia

De acordo com as informações apresentadas na sessão 1.2, os aparelhos com a tecnologia inverter são mais econômicos do que os aparelhos convencionais e pode ser obtida até 40% de economia. No entanto, neste trabalho não foi considerada somente a economia máxima.

Para a realização dos cálculos e a análise da engenharia econômica foi considerado que os aparelhos poderiam atingir 10%, 20%, 30% e 40% de economia. Desta forma, a análise completa considera os 3 cenários (com diferentes tempos de funcionamento), e para cada cenário existem 4 subcenários (com diferentes percentuais de economia).

2.3. Custo de aquisição dos aparelhos condicionadores de ar

Considerado que o sistema atual foi projetado corretamente e que a carga térmica é atendida com aparelhos de 60.000 BTU/h e que não foi encontrado no mercado um condicionador de ar da tecnologia inverter com capacidade de 60.000 BTU/h, foi estimado este valor a partir do custo unitário de aquisição de um BTU/h.

Desta forma, os valores estimados para a o preço de compra do aparelho Split-inverter foram calculados a partir da média de três valores para aparelhos de 24.000 BTU/h, de acordo com a Equação (1), e dois aparelhos de 30.000 BTU/h, de acordo com Equação (2).

$$P_{u24} = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{3 * 24.000} \quad (1)$$

A variável P_{u24} é o preço médio unitário dos aparelhos de 24.000 BTU/h, portanto, este valor representa o custo de aquisição de cada BTU/h quando comprados aparelhos deste tipo. P_1 representa o preço (R\$ 4.299,00) de um aparelho da marca FUJITSU, modelo High Wall Inverter de 24.000 BTU/h; P_2 é o preço (R\$ 2.860,00) de um aparelho da marca MIDEA,

modelo Vita Inverter de 24.000; e P_3 é o preço (R\$ 3.729,00) do aparelho SAMSUNG, do modelo Smart Inverter de 24.000 BTU/h.

Na Equação (2), P_{u30} é o preço médio unitário dos aparelhos de 30.000 BTU/h, este valor representa o custo de aquisição de cada BTU/h quando comprados aparelhos deste tipo.

$$P_{u30} = \frac{P_4 + P_5}{2 * 30.000} \quad (2)$$

Como foram recebidos apenas dois orçamentos deste tipo de aparelho a média unitária foi calculada com os dois valores obtidos. Sendo que P_4 é o preço (R\$ 5.300,07) do aparelho da marca FUJITSU, modelo Split Inverter de 30.000 BTU/h; e P_5 é o preço (R\$ 3.599,00) do aparelho da marca ELETROLUX, modelo Eco Turbo de 30.000 BTU/h.

Na Equação (3) pode ser observado que P_e representa o preço médio de um aparelho Split-inverter com 60.000 BTU/h.

$$P_e = 60.000 * \frac{P_{u24} + P_{u30}}{2} \quad (3)$$

2.4. Suposições sobre a aquisição do aparelho inverter

O aparelho de ar-condicionado atual utilizado na biblioteca (do tipo convencional) encontra-se em perfeito estado de funcionamento. Desta forma, o investimento necessário para a compra do novo aparelho deverá ser considerado integralmente para a realização dos cálculos.

Por outro lado, se o aparelho atual danificar, será necessário à compra de um novo equipamento. Portanto, deve ser levada em consideração a diferença dos preços de compra entre o tipo convencional e o tipo inverter.

Além disso, a instalação pode ser realizada por uma empresa terceirizada ou pelos próprios funcionários do setor de manutenção da universidade.

A partir dessas considerações foram criadas 4 suposições, que serão apresentadas nas subseções a seguir.

2.4.1. Suposição 1

A primeira suposição foi composta pela aquisição do condicionador de ar Split-inverter e a remoção do aparelho atual mesmo que esteja em perfeito estado de funcionamento. Foi considerado, nesta suposição, o custo de R\$ 500,00 de mão de obra terceirizada, necessária para a retirada do aparelho antigo (convencional) e também para a instalação do novo aparelho (inverter). Ao valor do preço estimado para o novo aparelho (P_e) deve ser adicionada a quantia de R\$ 500,00.

2.4.2. Suposição 2

Nesta suposição a aquisição do condicionador de ar Split-inverter e a retirada do aparelho atual (convencional) serão realizadas pelos próprios funcionários do setor de manutenção da Universidade. Desta forma, o valor a ser considerado foi o próprio preço estimado (P_e).

2.4.3. Suposição 3

Neste caso é considerado que o aparelho atual está danificado e é necessária a substituição pelo Split-inverter utilizando mão de obra terceirizada. A aquisição do Split-inverter deve ter descontado o valor do Split-condicionador, uma vez que a compra de novo aparelho seria inevitável. O valor do novo aparelho equivale ao preço estimado para o inverter subtraído do preço do modelo convencional (ou seja, $P_e - P_{conv}$). Ao valor obtido, deve ser somado também o custo de R\$ 500,00, referente ao pagamento dos serviços de mão de obra terceirizada.

2.4.4. Suposição 4

Queima do aparelho atual e sua substituição pelo Split-inverter sem a contratação da mão de obra terceirizada. O valor do novo aparelho condicionador de ar deve ter o desconto do inverter com relação ao aparelho convencional, isto é, “ $P_e - P_{conv}$ ”.

2.5. Análise de engenharia econômica

Cada subcenário foi avaliado quanto aos indicadores econômicos TIR, VPL e Payback (PB) sendo apresentados em tabela com uma análise qualitativa destes fatores.

Para a recomendação de substituição do sistema de condicionamento de ar será adotado o critério de Payback menor que 48 meses (4 anos), dado que um tempo de retorno maior que este pode levar o gestor a analisar outros setores da universidade cuja economia seja mais lucrativa do que o uso de condicionadores de ar baseados no sistema Split-inverter.

3. Resultados

Para a realização dos cálculos foram utilizadas as 4 suposições, relacionadas a substituição ou necessidade de se comprar um aparelho de ar condicionado novo, e a utilização de mão de obra própria ou terceirizada.

Para cada suposição foram considerados 3 cenários, onde o compressor do aparelho poderia permanecer ligado 25%, 50%, e 75% do tempo total do funcionamento da biblioteca.

Foi considerado, que para cada cenário a utilização do aparelho com a tecnologia inverter (em comparação com a tecnologia convencional) poderia fornecer uma economia na fatura de energia elétrica de 10%, 20%, 30% e 40%.

Para a realização de todas as análises foi necessário um total de 48 valores para cada um dos indicadores econômicos considerados, sendo o Payback, TIR e VPL.

3.1. Resultados para a suposição 1

A Figura 6 apresenta o resultado de todos os indicadores econômicos para os subcenários da Suposição 1. Verifica-se que o Cenário 1 não apresenta viabilidade econômica, enquanto o Cenário 2 apresenta apenas para os subcenários com 30% e 40% , isso significa que o compressor do aparelho Split-inverter deve (obrigatoriamente) apresentar uma economia de,

pelo menos, 30% em relação ao ar convencional. Caso isso seja comprovado o gestor não deve executar a simples troca deste produto sem ponderar o tempo de retorno de, aproximadamente, 18 anos que equivale à vida útil do aparelho (20 anos).

Sendo adotado o critério de 48 meses de tempo de retorno como sendo uma boa referência para o gestor optar pela troca, este cenário não é interessante à Universidade.

Figura 6 – Indicadores econômicos para a Suposição 1

Cenário 1 (25%)	10%	20%	30%	40%
TIR	-3,71%	-2,87%	-2,04%	-1,21%
VPL (20a)	-R\$ 78.683,68	-R\$ 61.000,56	-R\$ 43.317,44	-R\$ 25.634,31
PB	inviável	inviável	inviável	inviável
Cenário 2 (50%)	10%	20%	30%	40%
TIR	-2,87%	-1,21%	0,46%	2,12%
VPL (20a)	-R\$ 61.000,56	-R\$ 25.634,31	R\$ 9.731,93	R\$ 45.098,17
PB	inviável	inviável	176	97
Cenário 3 (75%)	10%	20%	30%	40%
TIR	-2,04%	0,46%	2,96%	5,46%
VPL (20a)	-R\$ 43.317,44	R\$ 9.731,93	R\$ 62.781,30	R\$ 115.830,66
PB	inviável	176	81	54

Fonte: Autoria própria

O Cenário 3 apresentou-se melhor que os anteriores, sendo que a partir de uma economia de 20% (do sistema Split-inverter com relação ao convencional) já seria viável economicamente a instalação do aparelho. Porém, para todos os subcenários o tempo de retorno ficou maior do que o estipulado como limite máximo, que seria de 48 meses.

3.2. Resultados para a suposição 2

Na Figura 7 podem ser observados os resultados obtidos para todos os indicadores econômicos dos subcenários da suposição 2.

Figura 7 – Indicadores econômicos para a Suposição 2

Cenário 1 (25%)	10%	20%	30%	40%
TIR	-3,66%	-2,77%	-1,89%	-1,01%
VPL (20a)	-R\$ 73.228,79	-R\$ 55.537,05	-R\$ 37.845,31	-R\$ 20.153,57
PB	inviável	inviável	inviável	inviável
Cenário 2 (50%)	10%	20%	30%	40%
TIR	-2,77%	-1,01%	0,76%	2,53%
VPL (20a)	-R\$ 55.537,05	-R\$ 20.153,57	R\$ 15.229,90	R\$ 50.613,38
PB	inviável	inviável	152	89
Cenário 3 (75%)	10%	20%	30%	40%
TIR	-1,89%	0,76%	3,41%	6,06%
VPL (20a)	-R\$ 37.845,31	R\$ 15.229,90	R\$ 68.305,12	R\$ 121.380,33
PB	inviável	152	74	50

Fonte: Autoria própria

Considerando que a troca dos condicionadores seja feita pelo pessoal próprio, membros da equipe de manutenção e, portanto, desconsiderando o valor de mão de obra, esta suposição mostrou-se melhor que a primeira. É possível verificar que o Payback reduziu, em média, 10% nos cenários que apresentaram viabilidade, como por exemplo, no Cenário 2-30%.

Da mesma forma não parece interessante ao gestor investir na troca do aparelho de ar-condicionado atual (do tipo convencional) por outro modelo com a tecnologia inverter, dado que a melhor condição de PB é de 50 meses e dependente diretamente da obtenção da economia de 40% entre os sistemas.

3.3. Resultados para a suposição 3

A Figura 8 apresenta o resultado de todos os indicadores econômicos para os subcenários da suposição 3.

Nesta suposição verifica-se que o Cenário 1 apresenta viabilidade econômica para os subcenários 1-30% e 1-40%, mas o valor do PB não é menor do que 48 meses. Além disso, é necessário que o Split-inverter apresente, pelo menos, 30% de economia em relação ao modelo convencional.

O gestor deve repensar a substituição deste produto se considerar somente a análise do Cenário 1, pois o tempo de retorno deste investimento seria de, aproximadamente, 19 anos a 5,5 anos com o Split-inverter apresentando uma economia entre 30 e 40% (respectivamente).



XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Perspectivas Globais para a Engenharia de Produção
Fortaleza, CE, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2015.

Figura 8 – Indicadores econômicos para a suposição 3

Cenário 1 (25%)	10%	20%	30%	40%
TIR	-2,43%	-0,33%	1,78%	3,88%
VPL (20a)	-R\$ 20.452,79	-R\$ 2.761,05	R\$ 14.930,69	R\$ 32.622,43
PB	inviável	inviável	107	68
Cenário 2 (50%)	10%	20%	30%	40%
TIR	-0,33%	3,88%	8,09%	12,30%
VPL (20a)	-R\$ 2.761,05	R\$ 32.622,43	R\$ 68.005,91	R\$ 103.389,38
PB	inviável	68	40	29
Cenário 3 (75%)	10%	20%	30%	40%
TIR	1,78%	8,09%	14,41%	20,72%
VPL (20a)	R\$ 14.930,69	R\$ 68.005,91	R\$ 121.081,12	R\$ 174.156,33
PB	107	40	25	18

Fonte: Autoria própria

O Cenário 2 apresentou-se melhor que o primeiro, no qual uma economia de 20% do sistema Split-inverter (sobre o convencional) seria suficiente para tornar a troca economicamente viável tendo, porém, um tempo de retorno alto (aproximadamente 5,5 anos) com uma taxa interna de retorno de 3,88 %_{am}. No entanto, quando analisados os subcenários 2-30% e 2-40% verifica-se um Payback inferior ao estabelecido na metodologia (48 meses) sendo de 40 e 29 meses (respectivamente), apresentado ao gestor uma excelente opção de investimento.

Já o Cenário 3 apresentou-se o melhor, como esperado, mostra-se viável para todos os subcenários, dado que a relação de economia do Split-inverter é relacionada ao consumo de energia e neste cenário os compressores ficam ligados por 75% do tempo total de uso. É possível verificar que o tempo de retorno pode chegar a um ano e meio (Cenário 3-40%), caso o sistema Split-inverter apresenta a economia máxima indicada pelos fabricantes (em alguns modelos).

Os subcenários 3-20%, 3-30% e 3-40% apresentaram tempos de retorno inferiores aos 48 meses estipulados como Payback ótimo neste artigo, mostrando ser uma boa escolha fazer a troca do condicionador mesmo com mão de obra terceirizada (estimada em R\$ 500,00).

Destaca-se que o aparelho Split-inverter escolhido deve apresentar economia maior que 30% no caso de o compressor trabalhar 50% do tempo de uso do ar condicionado ou apresente apenas 20% de economia caso o compressor trabalhe 75% do tempo de uso do ar.

Supondo não ser possível garantir que o uso do compressor seja de 25% ou 75% do tempo de funcionamento do condicionador de ar convencional, é possível, ainda, indicar a substituição do sistema quando o Split-inverter apresentar economia superior a 30%.

3.4. Resultados para a suposição 4

A Figura 9 apresenta o resultado de todos os indicadores econômicos para os subcenários da Suposição 4.

Esta suposição é a mais favorável à troca do condicionador de ar, porque nela o gestor deve considerar que gastará apenas a diferença do valor entre os dois aparelhos condicionadores, utilizando-se de mão de obra própria para a retirada do aparelho queimado e a instalação do novo aparelho.

A análise é similar à Suposição 3 porém constata-se que o tempo de retorno (PB) fica, em média, 35% menor nos subcenários 2-30%, 2-40%, 3-20%, 3-30% e 3-40%.

Figura 9 – Indicadores econômicos para todos os subcenários da Suposição 4

Cenário 1 (25%)	10%	20%	30%	40%
TIR	-2,08%	0,37%	2,83%	5,28%
VPL (20a)	-R\$ 15.006,51	R\$ 2.685,23	R\$ 20.376,97	R\$ 38.068,71
PB	inviável	184	83	55
Cenário 2 (50%)	10%	20%	30%	40%
TIR	0,37%	5,28%	10,20%	15,11%
VPL (20a)	R\$ 2.685,23	R\$ 38.068,71	R\$ 73.452,18	R\$ 108.835,66
PB	184	55	33	24
Cenário 3 (75%)	10%	20%	30%	40%
TIR	2,83%	10,20%	17,56%	24,93%
VPL (20a)	R\$ 20.376,97	R\$ 73.452,18	R\$ 126.527,40	R\$ 179.602,61
PB	83	33	21	16

Fonte: Autoria própria

Estes subcenários mencionados apresentaram Payback menor que 48 meses, dos quais é interessante ao gestor buscar aparelhos Split-inverter que garantam economia maior que 30%.

Neste cenário a condição para o tempo necessário para que o compressor permaneça em funcionamento é similar à da Suposição 3, porém as condições favoráveis dadas pelo critério de queima (inutilização) do aparelho convencional mostram viabilidade em qualquer condição

de uso do compressor do sistema convencional, se a utilização do aparelho Split-inverter apresentar economia superior a 20%.

4. Conclusões

Não é indicada a troca do aparelho condicionador de ar atualmente instalado na biblioteca por um modelo inverter, nem com a utilização de mão de obra terceirizada (Suposição 1), nem com a utilização de mão de obra própria (Suposição 2).

A engenharia econômica mostrou a viabilidade na substituição somente no Cenário 2, sendo que nesta condição a economia do modelo inverter em relação ao modelo convencional deve ser de, no mínimo, 30%. Uma economia mínima de 20% seria suficiente para ocasionar a viabilidade para o Cenário 3. Porém o tempo de retorno (payback) ficou superior ao estipulado na metodologia (que foi de 48 meses).

É viável a aquisição do modelo com tecnologia inverter caso ocorra alguma avaria que torne inutilizável o aparelho convencional atualmente instalado na biblioteca. Com a instalação realizada por de mão de obra terceirizada (Suposição 3), seria necessário obter economia de 30% entre os sistemas analisados, e a utilização do Split-inverter seria indicada se constatado o Cenário 2 ao longo do horário de atendimento da biblioteca.

De forma similar, é indicada a substituição do aparelho quando ocorrer a queima (inutilização) do ar-condicionado atualmente instalado e com a utilização de mão de obra própria para a instalação do novo aparelho (Suposição 4). Este caso apresenta uma redução média de 35% no tempo de retorno (payback), sendo esta suposição a recomendada ao final da realização deste estudo.

REFERÊNCIAS

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Bandeiras Tarifárias**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=758>>. Acesso em: 10 de abril de 2015.

DAIKIN. **Low-Impact Products**. Disponível em: <<http://www.daikin.com/csr/environment/production/index.html>>. Acesso em 10 de abril de 2015.

PIONEER. **Inverter Air Conditioners**. Disponível em: <<http://pioneerair.com.au/air-conditioning-products-for-australia/inverter-air-conditioners/>>. Acesso em: 10 de abril de 2015.

ELETROBRÁS - CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS. **Gestão Energética**: guia técnico. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005. 188 p.

SAMSUNG. **Recurso Smart Inverter**. Disponível em:

<<http://www.samsung.com/br/consumer/home-appliances/air-conditioners/inverter/ASV09PSBTXAZ>>. Acesso em: 10 de abril de 2015.

TOSHIBA. **Toshiba Air Conditioners - Modern Technologies**. Disponível em:

<http://www.ahi-toshiba.com/quality/index.php?ELEMENT_ID=355>. Acessado em: 10 de abril de 2015.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - UTFPR. **O câmpus Medianeira**. Disponível em: <<http://www.utfpr.edu.br/medianeira/o-campus>>. Acesso em: 10 de abril de 2015.