



Estudo de viabilidade econômica de um sistema de ar condicionado por absorção em veículos de transporte coletivo

Laura B. P. Arouca¹, Antonio Gabriel S. Almeida², Ednildo A. Torres³

¹Estudante do Curso Técnico em Refrigeração do IFBA; Graduada em Física pela UFBA. Bolsista do CNPq. e-mail: laura.arouca@hotmail.com

²Professor do IFBA; Doutorando em Energia e Ambiente pela UFBA. e-mail: gabrielalmeida@ifba.edu.br

³Professor da UFBA. e-mail: ednildo@ufba.br

Resumo: Um sistema de ar condicionado veicular tradicional, por compressão de vapor, aumenta o consumo de combustível em pelo menos 15%, proporcionando ainda uma redução na potência disponibilizada pelo motor. Considerando que a partir de um motor de combustão interna tem-se no máximo um terço da energia convertida em energia mecânica, com o restante sendo liberado na forma de gases de exaustão e através do sistema de arrefecimento, mais da metade 50% da energia disponibilizada pelo combustível é liberada na forma de calor para o ambiente, que poderia ser aproveitada por um sistema de refrigeração por absorção, que necessita de uma fonte de alta temperatura para propiciar a vaporização do fluido de refrigeração e sua dissociação da solução absorvente. O principal objetivo deste trabalho é apresentar um estudo de viabilidade econômica da implementação de um sistema de ar condicionado por absorção em um ônibus de transporte coletivo seletivo, normalmente utilizado nas grandes cidades. Analisar os impactos do investimento inicial e dos custos operacionais sobre a tarifa a ser cobrada da população, discutindo o custo-benefício de uma eventual majoração em relação a um aumento substancial no conforto dos usuários.

Palavras-chave: energia, refrigeração por absorção, sistemas térmicos, transporte coletivo

1. INTRODUÇÃO

Um sistema de refrigeração por absorção depende de uma fonte de alta temperatura para propiciar a vaporização do fluido de refrigeração e sua dissociação da solução absorvente. Estudos já comprovam ser possível utilizar fontes de calor com temperatura por volta de 90^oC para obter temperaturas de evaporação de até 5^oC.

Desta forma, boa parte da energia que normalmente é liberada por um automóvel na forma de calor para o ambiente poderia ser aproveitada para a implementação de um sistema de ar condicionado veicular por absorção.

Atualmente, os sistemas de ar condicionado veicular utilizam os sistemas de refrigeração por compressão, que aumentam o consumo de combustível e absorvem parte da energia gerada pelo motor e que poderia ser utilizada como energia mecânica de locomoção.

O objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade econômica de utilização de um sistema de ar condicionado baseado em um ciclo de refrigeração por absorção em substituição aos sistemas tradicionais de refrigeração por compressão, levando em consideração os ônibus chamados seletivos, que já possuem sistema de ar condicionado. Verificar o tempo de retorno do investimento inicial mais elevado, diante da vida útil do sistema, considerando a redução no consumo de combustível, já que o sistema proposto utilizaria fontes alternativas de calor disponíveis em um automóvel, como os gases de escape e a água do sistema de arrefecimento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As principais funções do sistema de ar condicionado são garantir o conforto térmico aos seus ocupantes e propiciar condições ideais de funcionamento para equipamentos ou sistemas produtivos.

Nos últimos anos, as pessoas têm passado cada vez mais tempo dentro dos veículos. As grandes distâncias, aliadas ao crescimento da frota nos grandes centros, tem proporcionado o aumento significativo dos congestionamentos e, conseqüentemente, do tempo de permanência dos usuários nos automóveis, chegando a 4 horas diárias. Desta forma, o sistema de ar condicionado veicular deixou de



ser um item de luxo e passou a ser uma necessidade básica para o conforto térmico e, por consequência, para a qualidade de vida dos usuários.

Um sistema de ar condicionado pode ser dividido em duas partes básicas: o sistema de produção térmica, responsável pela produção de frio e/ou de calor e, o sistema de distribuição térmica, responsável pelo encaminhamento do frio ou calor gerado ao ambiente a ser climatizado (Carrier, 1986).

O sistema de produção térmica é composto basicamente pelos ciclos termodinâmicos de refrigeração.

2.1 Ciclos Termodinâmicos de Refrigeração

Os ciclos termodinâmicos de refrigeração utilizam as propriedades termodinâmicas de um determinado fluido, denominado fluido refrigerante, para transferir calor de um corpo ou ambiente com menor temperatura para um corpo ou ambiente com maior temperatura. Conforme a Segunda Lei da Termodinâmica, este fenômeno só é possível a partir da inserção de uma fonte de energia no sistema, fornecendo energia ao fluido refrigerante na forma de trabalho, no caso dos ciclos de refrigeração por compressão, ou sob a forma de calor, no caso dos ciclos de refrigeração por absorção. Estes são os dois formatos de ciclos termodinâmicos mais utilizados em sistema de refrigeração.

O ciclo termodinâmico de refrigeração por compressão é o mais utilizado atualmente em sistema de refrigeração e ar condicionado.

O ciclo frigorífico por absorção difere do ciclo de compressão de vapor principalmente na forma pela qual a compressão é conseguida. No ciclo de absorção, o vapor de fluido refrigerante a baixa pressão é absorvido por um fluido absorvente, e esta solução líquida é bombeada a uma pressão superior por uma bomba de líquido. (Van Wylen, 2008).

Os processos de condensação, expansão e evaporação são idênticos aos que ocorrem no ciclo por compressão de vapor. Ao sair do evaporador, o vapor de fluido refrigerante a baixa pressão entra em um equipamento denominado absorvedor, onde será absorvido por uma solução, composta por um fluido absorvente com baixa de concentração de fluido refrigerante, tornando-se então uma solução com forte concentração de fluido refrigerante. Este processo de absorção ocorre a uma temperatura levemente acima daquela do meio e deve ser transferido calor ao meio durante este processo. A solução forte de fluido refrigerante é então bombeada através de um trocador de calor, conservando as condições de pressão e temperatura, até chegar a um gerador. No gerador, a partir da inserção de uma grande quantidade de calor, oriunda de uma fonte de alta temperatura, ocorre a dissociação da solução forte: o fluido refrigerante, a alta temperatura e alta pressão, segue para o condensador, dando continuidade ao ciclo de refrigeração, e a solução fraca de fluido refrigerante retorna ao absorvedor, para reiniciar o processo de absorção de fluido refrigerante.

O desempenho dos sistemas de refrigeração por absorção é dependente das propriedades do par refrigerante/absorvente. Além de propriedades normalmente solicitadas para fluidos em sistemas de refrigeração, como alta condutividade térmica, baixa viscosidade e elevado calor de evaporação, outras propriedades como alta diferença entre os pontos de ebulição, volatilidade do refrigerante bem maior que do absorvente, alta miscibilidade na fase líquida de operação e grande afinidade entre os fluidos são indispensáveis para uma operação adequada do sistema.

2.2 Sistemas de condicionamento de ar em veículos

Uma das principais aplicações dos sistemas de refrigeração é o condicionamento de ar ambiente, com o objetivo de proporcionar conforto térmico aos usuários.

O sistema de ar condicionado veicular não somente possui a função de prover conforto térmico aos ocupantes do veículo. Através do controle de temperatura e umidade do habitáculo, o sistema de ar condicionado aumenta o nível de alerta do motorista e a segurança dos ocupantes, mantendo os vidros do veículo fechados.

Normalmente, o sistema de ar condicionado de um veículo tem seu funcionamento baseado no ciclo de compressão de vapor.



Os compressores utilizados são do tipo alternativo de pistão. Comumente, o acionamento do compressor é realizado através de correias ligadas ao motor do veículo. Uma vez que o compressor está constantemente acoplado ao motor do veículo, torna-se necessário a utilização de um mecanismo que permita que o compressor permaneça em repouso quando o sistema de ar condicionado esteja desligado, mesmo com o motor do veículo em funcionamento. O mecanismo mais utilizado consiste na embreagem magnética, que é disposta entre o eixo e a polia do compressor.

A embreagem magnética é composta por uma bobina indutora e um prato de acionamento que, quando acionada, permite a passagem de corrente elétrica na bobina, resultando na atração desta ao prato de acionamento. A atração entre os dois elementos resulta na transmissão do movimento rotativo da polia para o eixo do compressor.

Desta forma, fica evidenciado que o compressor do sistema de refrigeração utiliza parte da potência gerada pelo motor de combustão interna, provocando perda de potência mecânica na transmissão e aumento de consumo de combustível, quando em funcionamento.

A fim de otimizar a troca de calor, o condensador é posicionado na parte frontal do veículo, entre a grade frontal e o radiador do veículo. A dissipação de calor do fluido para o ambiente, provoca a mudança de estado do fluido, que entra no condensador no estado gasoso e deve sair no estado líquido. Os condensadores são feitos preferencialmente em alumínio, onde tubos são dispostos paralelamente, unidos por aletas a fim de aumentar a área de troca de calor com o ambiente.

O controle do ar condicionado veicular é feito através de um termostato, que consiste de um sensor de temperatura dotado de um capilar em contato térmico com o evaporador, que tem a função de acionar o compressor conforme a temperatura do evaporador. Quando o valor de temperatura do evaporador chega próximo de 0°C , o termostato corta a corrente elétrica do compressor, evitando assim o congelamento do evaporador. Um possível congelamento do evaporador pode obstruir o fluxo de ar, prejudicando a eficiência do sistema.

2.3 Motores de combustão interna

Nas máquinas de combustão interna, os produtos da combustão são os próprios geradores do trabalho. Em virtude desta simplificação e dos ganhos de rendimento, o motor de combustão interna é uma das mais leves máquinas motrizes existentes, o que justifica sua utilização tão freqüente nos diversos meios de transporte, incluindo os automóveis. (Obert, 1971).

O ciclo Diesel pode operar com maiores taxas de compressão, já que somente ar é comprimido, sem riscos de batidas indesejadas. Desta forma, os motores Diesel, como são conhecidos, geram um maior torque.

No caso do motor de combustão interna de ignição por compressão, em média 25% (no máximo 40%) da potência calorífica do combustível é convertida em potência mecânica disponibilizada para o sistema de transmissão. Todo o restante, aproximadamente 75%, é eliminado na forma de perdas caloríficas.

Aproximadamente 35% da energia gerada pelo processo de combustão são liberados na forma de gases de escape, através do sistema de escapamento. São gases residuais do processo de combustão, que, após gerar trabalho, são liberados com temperaturas superiores a 450°C . Normalmente, esta forma de calor residual de motores de combustão interna é aproveitada em sistemas de absorção. Nas chamadas centrais de cogeração, motores de grande porte ou turbinas a gás geram energia elétrica, através da potência mecânica disponibilizada na ponta do eixo, interligado a geradores, enquanto seu escape é encaminhado para chillers de absorção, promovendo a climatização de ambientes.

Aproximadamente 32% da energia gerada pela combustão é eliminada através do sistema de arrefecimento do veículo. Uma bomba d'água, acionada pelo próprio motor, promove uma circulação de água por canais de refrigeração localizados no bloco e no cabeçote do motor. A transmissão por condução do calor da combustão, através das paredes dos cilindros, promove o aumento da temperatura nestes componentes. Esta circulação de água tem como objetivo resfriar estes componentes metálicos do motor, impedindo o aumento exagerado da temperatura, o que poderia comprometer as propriedades mecânicas dos materiais de fabricação, já que a partir da temperatura de 300°C o aço carbono tem um aumento na redução das tensões admissíveis. Esta água aquecida



prossigue para um trocador de calor com serpentinas aletadas, denominado radiador, onde sofre resfriamento a ar, retornando em seguida ao sistema de bombeamento. Através de uma válvula termostática, que verifica o aumento da temperatura da água, pode ser acionado um ventilador auxiliar, caso o deslocamento do veículo não seja suficiente para resfriar a água.

Após funcionamento do motor em regime por um determinado período, a água de resfriamento atinge temperaturas superiores a 90°C , em média com 100°C , ao atingir o radiador. Com estes valores de temperatura, esta água pode ser utilizada como fonte de calor para sistemas de refrigeração por absorção, pois existem pares absorvedor/refrigerante que conseguem operar satisfatoriamente com temperaturas a partir de 85°C . Através da implementação de um trocador de calor no circuito de arrefecimento, antes do radiador, a troca térmica com um eventual sistema de absorção seria benéfica para o circuito de arrefecimento, ao reduzir a necessidade de acionamento do ventilador auxiliar.

2.4 Estudos de aproveitamento dos gases de escape

Na indústria, e mesmo em algumas instalações industriais de grande porte, como shoppings centers, o número de plantas de cogeração tem aumentado significativamente. Em Colona & Gabrielli (2003), são apresentadas algumas opções de plantas de cogeração. A primeira opção utiliza os gases de escape e a água do sistema de arrefecimento de um motor de combustão interna para gerar vapor superaquecido, e este vapor alimenta um chiller de absorção. No segundo caso, cada uma destas fontes de calor (gases de escape e sistema de arrefecimento) alimenta um chiller de absorção em separado, tendo, portanto, dois chillers. Na última opção, são utilizados os gases de exaustão de uma turbina a gás. O trabalho apresenta uma simulação para cada um dos três casos. Ao final, conclui-se que a segunda opção, com dois sistemas e dois níveis de temperatura não apresenta vantagem, e que as situações 1 e 3 são viáveis de implementação, sendo que a primeira apresenta a melhor eficiência e menor retorno de investimento (payback).

A maior parte dos trabalhos existentes apresenta simulações e análises a partir destas simulações. Neste caso, podem discutir aspectos da combinação de um motor automotivo com um sistema de absorção.

Em Marques et al. (2006), é apresentada uma análise termoeconômica do acoplamento da disponibilidade térmica de um motor de combustão interna ciclo Otto, alimentado por gasolina, com um sistema de refrigeração por absorção usando o par frigorífico água-amônia. Considera-se um sistema de absorção capaz de climatizar o habitáculo de um automóvel de passeio, apresentando uma simulação do balanço energético do sistema, conforme primeira e segunda leis da Termodinâmica, obtendo a eficiência e a perda energética em todos os componentes e do sistema global, além de uma avaliação econômica do tempo de amortização do investimento realizado, com base na economia no consumo de combustível obtida.

Em Manzela et al. (2010), é apresentada uma simulação seguida da montagem de um protótipo. É realizada a montagem, em bancada de testes, de um motor de combustão ciclo Otto acoplado, através do sistema de gases de exaustão, a um refrigerador comercial de absorção, com o par água amônia. São apresentados vários resultados dos testes realizados na bancada, já que a mesma era dotada de um dinamômetro, para simular variação de carga no motor, além de toda instrumentação necessária para monitorar temperatura, pressão e umidade em vários pontos e no refrigerador, além do consumo de combustível. Ao final conclui-se que a utilização dos gases de exaustão como fonte de calor para sistemas de absorção é viável, apesar do refrigerador empregado não apresentar um coeficiente de performance compatível, devendo ser avaliada a utilização de um sistema de absorção dedicado.

Talom & Beyene (2009) apresenta mais um estudo de integração entre um motor de combustão interna automotivo com um sistema de absorção água-brometo de lítio. Vários testes são realizados, verificando os impactos da variação do número de rotações do motor sobre o sistema de refrigeração. Ao final, conclui-se que esta aplicação é plenamente factível, mas devem ser melhor estudados os impactos sobre o desempenho do motor, que pode ser afetado pelo acréscimo de perda de carga no seu sistema de escape, assim como os impactos de acréscimo de volume e peso de um sistema de absorção a um veículo, já que estes que normalmente tem um porte grande.



Em Horuz (1999) e Koehler et al.(1997) é abordada uma mesma aplicação: a utilização dos gases de exaustão de um motor de combustão ciclo Diesel para alimentação de um sistema de refrigeração por absorção, com par água-amônia. Nos dois casos este sistema é utilizado para gerar a refrigeração necessária para caminhões frigoríficos utilizados em transporte de alimentos. Enquanto Horuz (1999) foca seu texto somente na apresentação da sua bancada de testes e dos resultados obtidos, Koehler et al.(1997) apresenta todo o equacionamento matemático que embasou o dimensionamento dos componentes, além dos resultados dos testes. Para esta aplicação específica, algumas vantagens são apontadas:

- Não há necessidade de um motor de combustão dedicado, o que acontece nos caminhões frigoríficos de grande porte;
- A unidade de absorção termina sendo menor e mais leve que a de compressão, que precisa de motor para gerar a energia necessária;
- Redução no consumo de combustível, e conseqüentemente, nos custos operacionais e nas emissões de gases estufa.

Contudo, os dois trabalhos destacam que a aplicação deste sistema combinado apresenta restrições quando da utilização em situações de deslocamento lento decorrente do tráfico. O funcionamento do motor em baixas rotações, e conseqüentemente, baixa emissão de gases de escape, compromete a performance do sistema de refrigeração. Desta forma, ambos recomendam a utilização do sistema para veículos que são utilizados em longos trechos de estrada, sendo que a aplicação para veículos sujeitos ao trânsito das grandes cidades deve ser mais bem estudada.

2.5 Viabilidade Econômica

Uma das etapas mais importantes na elaboração de um projeto é a análise da viabilidade econômica e financeira (REBELATTO, 2004). Definido os equipamentos, é necessário considerar diversos fatores com o objetivo de realizar um estudo preliminar sobre a viabilidade inicial do projeto, esses fatores são: desempenho do equipamento ou sistema, a durabilidade, manutenção, aspectos ergonômicos e principalmente o consumo de energia.

O método de análise da viabilidade econômica será o Método do Período de Retorno do Capital (Payback), que segundo REBELATTO (2004), consiste em selecionar projetos de investimentos enfatizando o período de recuperação do capital investido, isto é, calculando o prazo necessário para que o valor atual dos reembolsos (retorno de capital) se iguale ao desembolso com o investimento efetuado, visando à restituição do capital aplicado.

a) Investimento Inicial:

Inicialmente deve-se calcular o investimento de um projeto calculando a diferença entre os custos iniciais da instalação de dois projetos, como pode ser observado na Eq. (1).

$$I_i = C_{I_1} - C_{I_2} \quad (1)$$

Onde:

I_i → Investimento inicial;

C_I → Custo de instalação do projeto;

b) Custo Operacional:

Logo após calcular o investimento inicial deve-se calcular o custo operacional anual de cada projeto. No custo operacional está incluído basicamente o gasto com o consumo de energia de cada projeto ou sistema, como pode ser observado na Eq. (2).

$$C_{OP} = C_C \times C_E \quad (2)$$

Onde:

C_{OP} → Custo operacional anual;

C_C → Custo da energia da concessionária em R\$/kW;

C_E → Consumo de energia por ano em kW;

c) Receitas do Investimento:

As receitas de investimento são obtidas anualmente e geradas pelo custo de energia evitada, como pode ser observada na Eq. (3).



$$R_I = C_{E1} - C_{E2} \quad (3)$$

Onde:

R_I → Receita do Investimento ou Custo de Energia Evitada;

C_E → Consumo de energia por ano em kW;

d) Tempo de Retorno do Capital:

O método escolhido foi o Payback, que é fundamentado no conceito de tempo no qual a soma das receitas de um projeto reproduz o total do capital investido para sua implantação. O Payback, tempo no qual o investimento inicial, I_i , é equivalente ao número de receitas anuais, R_I , é determinado pela Eq. (4).

$$T_{PB} = \frac{I_i}{R_I} \quad (4)$$

Onde:

T_{PB} → Tempo de Retorno do Capital;

R_I → Receita do Investimento ou Custo de Energia Evitada;

I_i → Investimento inicial;

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o estudo de viabilidade econômica da utilização do sistema de refrigeração por absorção aplicado a climatização em ônibus de transporte coletivo, é necessário um comparativo com o sistema de ar condicionado por compressão normalmente utilizado nestes veículos. Para tanto, faz-se necessário analisar os custos iniciais, de aquisição, instalação e montagem, e os custos operacionais, considerando os custos energéticos e de manutenção dos sistemas.

Para o novo sistema utilizando absorção, considerou-se os componentes indicados na Tab. (1). Além do equipamento de refrigeração propriamente dito, representado por uma unidade de produção de água gelada de 10TR, levou-se em consideração os demais componentes necessários a um sistema de expansão indireta (bomba de água gelada, climatizador, etc), mas também as adaptações necessárias para interligação do sistema de refrigeração aos pontos de captação de energia térmica, nos efluentes do motor de combustão interna.

Tabela 1- Relação dos componentes do sistema de absorção e seus custos

Item	Descrição	Valor (R\$)
1	Unidade de água gelada por absorção (10TR, ref. Robur)	34.500,00
2	Bomba de água gelada	1.500,00
3	Climatizados (fan coil) de 10 TR	9.000,00
4	Materiais e serviços para adaptações e interligação sistema de absorção – ônibus	16.000,00
	Total Sistema Absorção	61.000,00

Para o sistema de ar condicionado por compressão, realizou-se levantamento junto ao mercado, encontrando-se um valor médio de R\$ 14.500,00 para o sistema de geração de frio do sistema.

Deve-se destacar que não foram considerados os custos relativos a componentes comuns aos dois sistemas, como o sistema de distribuição do ar no interior do veículo.

Para os custos operacionais, dois fatores são significativos para esta avaliação:

a) Custos de manutenção – normalmente, em sistemas que operam estáticos, atendendo edificações, os sistema de refrigeração por absorção apresentam um custo operacional de manutenção mais baixo que o sistema de compressão, principalmente pelo número reduzido de componentes móveis e sujeitos ao desgaste natural provocado pelo atrito. Nesta aplicação específica, como estamos tratando de uma instalação que estará sujeita às movimentações do veículo, sendo necessária a avaliação rotineira de tubulações e componentes em aço carbono, de forma a evitar vazamentos, e na falta de informações de

utilização anteriores, achou-se prudente considerar como prerrogativa deste estudo que os dois sistemas terão o mesmo custo de manutenção mensal.

b) Custos de combustível – conforme citado anteriormente, sistemas de ar condicionado veiculares baseados em refrigeração por compressão aumentam em até 15% o consumo de combustível. Para o sistema de absorção, este consumo adicional deixa de existir.

Para avaliar o custo operacional com combustível, nos dois casos, adotou-se como referência alguns parâmetros para o veículo sem ar condicionado:

- Consumo de ônibus leve urbano: 0.35 litros/km (Oliveira e Orrico, 2004)
- Distância média percorrida diariamente por um ônibus coletivo: 227km/dia
- Valor médio do diesel: R\$ 1,99 (Salvador)
- Custo total por mês com combustível – R\$ 4.743,16
- Custo mensal com combustível para o ônibus com ar condicionado por compressão (15% maior) – R\$ 5.454,64
- Custo mensal para o ônibus atendido com sistema de absorção (sem aumento de consumo) – R\$ 4.743,16

Outro fator importante a ser observado para os equipamentos de ar condicionado é a sua vida útil, que é o intervalo de tempo, que sob determinadas condições os equipamentos ou bens, são considerados irreparáveis no contexto operacional, técnico ou econômico.

De acordo com a Instrução Normativa SRF nº 162, de 31 de dezembro de 1998, anexo I, bens relacionados na Nomenclatura Comum do MERCOSUL – NCM, a vida útil para máquinas e aparelhos de ar condicionado, contendo um ventilador motorizado e dispositivos próprios para modificar a temperatura e a umidade, incluídos as máquinas e aparelhos em que a umidade não seja regulável separadamente, é de 10 anos, ou seja, 120 meses. (RECEITA FEDERAL, 1998).

O Payback, tempo no qual o investimento inicial, I_i , é equivalente ao número de receitas anuais, R_i , foi de aproximadamente 6 anos (69 meses), podendo ser observado na Figura 1.

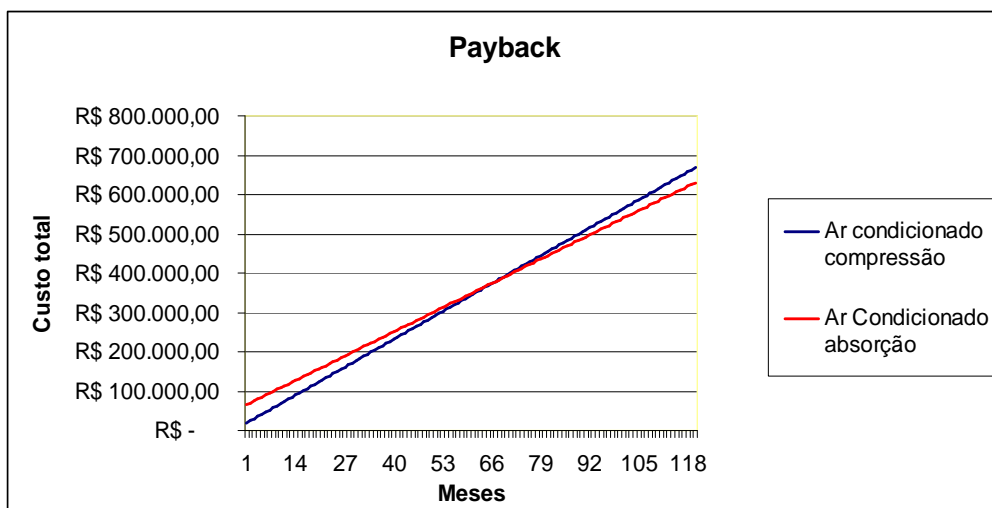


Figura 1: Gráfico do Payback

6. CONCLUSÕES

De acordo com os custos levantados, e considerando a vida útil dos sistemas, o sistema de ar condicionado por absorção já se mostraria viável, uma vez que, apesar do custo inicial, em um prazo de seis anos este investimento inicial elevado já estaria pago pela economia de combustível.

Como próxima etapa pretende-se confirmar estes números na prática. Inicialmente, deverá ser instalada instrumentação em um ônibus que opere normalmente em uma grande cidade, para coletar e avaliar os dados operacionais de consumo, para funcionamento com e sem ar condicionado por



compressão. Posteriormente, implementar um protótipo de sistema de ar condicionado por absorção e confirmar seus custos de implementação e operação, utilizando o mesmo sistema de instrumentação.

Com estas informações ratificadas, espera-se, ao final, confirmar a viabilidade econômica de implementação de um sistema de ar condicionado para veículos de transporte coletivo. Desta forma, seria possível propiciar um aumento no conforto térmico para os usuários, sem necessidade de majorar as tarifas em vigor.

REFERÊNCIAS

CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY. **Manual de Aire Acondicionado**. 5 ed. México: Carrier, 1980.

COLONNA, P. & GABRIELLI, S. **Industrial trigeneration using ammonia-water absorption refrigeration systems (AAR)**. Applied Thermal Engineering, 23, pp. 381-396. 2003

HORUZ, I. **Vapor absorption refrigeration in road transport vehicles**. Journal of Energy Engineering, vol. 125, no. 2, pp. 48-58, 1999.

KOEHLER, J., TEGETHOFF, W. J., WESTPHALEN, D. and SONNEKALB, M. **Absorption refrigeration system for mobile applications utilizing exhaust gases**. Heat and Mass Transfer, 32, pp. 333-340., 1996.

MANZELA, A. A., HANRIOT, S. M., GÓMEZ, L. C. and SODRÉ, J. R. **Using engine exhaust gas as energy source for an absorption refrigeration system**. Applied Energy, 87, pp. 1141-1148. ., 2009.

MARQUES, A. S., SANTOS, C. A. C., SANTOS, C. M., TORRES, E. A. and Luciano, W., **Análise termoeconômica de um sistema de refrigeração automotivo por absorção**. Proceedings of the 11th Brazilian Congresso of Thermal Sciences and Engineering – ENCIT 2006, paper CIT06-0347. Curitiba, 2006.

TALOM, H. L. & BEYENE, A. **Heat recovery from automotive engine**. Applied Thermal Engineering, 29, pp. 439-444, 2008.

Receita Federal do Brasil. **Instrução Normativa SRF nº 162**. Brasil, 1998.

REBELATTO, D. A. do N. **Projeto de Investimento: com estudo de caso completo na área de serviços**. 1 ed. São Paulo: Ed. Manoli, 2004.

OLIVEIRA, G. de O., ORRICO Filho, R. D. Análise do consumo de combustível de ônibus urbano. *In: CONGRESSO DE ENSINO E PESQUISA EM TRANSPORTES, 2004, Florianópolis. Anais do XVIII*, pp. 1479 – 1491.