

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNA
CAMPOS SETE LAGOAS

ALISSON COSTA
GUSTAVO MORAIS
PABLO FERREIRA

Estudo de caso sobre a viabilidade econômica do retrofit aplicado na sala de hot test de motores a diesel.

SETE LAGOAS

2022

ALISSON COSTA
GUSTAVO MORAIS
PABLO FERREIRA

Estudo de caso sobre a viabilidade econômica do retrofit aplicado na sala de hot test de motores a diesel.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Centro Universitário UNA, como exigência para a
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Mecânica.
Orientador: Professor Alexandre Diniz

SETE LAGOAS

2022

ALISSON COSTA
GUSTAVO MORAIS
PABLO FERREIRA

Estudo de caso sobre a viabilidade econômica do retrofit aplicado na sala de hot test de motores a diesel.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário UNA Sete Lagoas, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Professor Alexandre Diniz

BANCA EXAMINADORA

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

Sete Lagoas, 24 de Junho de 2022.

COSTA, Alisson; MORAIS, Gustavo; FERREIRA, Pablo. **Estudo de caso sobre a viabilidade econômica do retrofit aplicado na sala de hot test de motores a diesel**. 39 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) –Centro Universitário UNA, Sete Lagoas, 2022.

RESUMO

A utilização do retrofit é reconhecida como uma importante ferramenta para a inovação e investimento em tecnologias para máquinas e métodos já existentes. Os investimentos em retrofit devem ser vistos pelas empresas como uma questão estratégica central em que se busca ganhar vantagem econômica em um ambiente cada vez mais dinâmico. O Retrofit contribui para tornar a indústria mais eficiente e efetiva na geração de valor para as empresas com uma viabilidade econômica. Como resultado, são inúmeros métodos disponíveis para a aplicação seja em máquinas, métodos ou edificações. Esta pesquisa se propôs analisar a viabilidade econômica na escolha de um processo de retrofit em uma empresa do setor automotivo por meio de cinco variáveis estratégicas: Confiabilidade, Segurança, Qualidade, Tempo de ciclo e Custos. Para tanto, desenvolveu-se uma pesquisa-ação de estudo de caso simples, baseando-se no instrumento de mensuração do custo do ciclo de vida na aquisição de novos ativos em projetos o LCC (Life Cycle Cost). Foram abordados os procedimentos metodológicos para realização do estudo de caso e em seguida foi apresentado uma breve descrição dos principais métodos existentes no mercado utilizados para a realização dos testes necessários nesse modelo de processo, assim como a ferramenta utilizada para calcular o ciclo de vida de um ativo do projeto e o surgimento do retrofit e sua importância nos meios atuais. Tendo como investimento inicial R\$ 301.600,00 resultando em uma economia de 89% em relação ao investimento para uma nova sala de teste a quente e 90% levando em consideração o investimento para uma nova sala de teste a frio.

Palavras chave: Retrofit. Motores a diesel. LCC. Hot test. Cold test.

COSTA, Alisson; MORAIS, Gustavo; FERREIRA, Pablo. **Case study on the economic feasibility of retrofit applied in the hot test room of diesel engines.** 39 sheets. Completion of course work (Graduate in Mechanical Engineering) – Centro Universitário UNA, Sete Lagoas, 2022.

ABSTRACT

The use of retrofit is recognized as an important tool for innovation and investment in technologies for existing machines and methods. Retrofit investments must be seen by companies as a central strategic issue in which they seek to gain economic advantage in an increasingly dynamic environment. Retrofit contributes to making the industry more efficient and effective in generating value for companies with economic viability. As a result, there are numerous methods available for application whether in machines, methods or buildings. This research aimed to analyze the economic feasibility of choosing a retrofit process in a company in the automotive sector through five strategic variables: Reliability, Safety, Quality, Cycle Time and Costs. To this end, an action research was developed with a simple case study, based on the instrument for measuring the life cycle cost in the acquisition of new assets in projects, the LCC (Life Cycle Cost). The methodological procedures for carrying out the case study were discussed and then a brief description of the main existing methods in the market used to carry out the necessary tests in this process model was presented, as well as the tool used to calculate the life cycle of a project asset and the emergence of retrofit and its importance in current environments. Having an initial investment of R\$ 301.600,00 resulting in a savings of 89% in relation to the investment for a new hot test room and 90% taking into account the investment for a new cold test room.

Keywords: Retrofit. Diesel engines. LCC Hottest Cold test.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	7
1.1 TEMA	8
1.2 JUSTIFICATIVA	8
1.3 PROBLEMATIZAÇÃO	8
1.4 OBJETIVO GERAL.....	9
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
1.6 METODOLOGIA.....	9
1.6.1 <i>Coleta de Dados</i>	10
1.6.2 <i>Análise de dados</i>	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO DE RETROFIT	11
2.1.1 <i>Graus de intervenção</i>	12
2.1.2 <i>Proposta de diretrizes para projetos de retrofit</i>	13
2.2 LIFE CYCLE COST (LCC)	19
2.3 MOTORES À COMBUSTÃO INTERNA.....	21
2.4 MOTORES ESTACIONÁRIOS À DIESEL.....	24
2.5 O PROCESSO HOT TEST	26
2.6 O PROCESSO COLD TEST	27
2.7 COLD TEST VERSUS HOT TEST.....	29
3. RESULTADOS	31
4. DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	34
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
REFERÊNCIAS.....	36

1. INTRODUÇÃO

A cada década que se passa o meio industrial vem tendo o dever de se adaptarem ao mercado e viabilizarem os custos dos produtos para os clientes finais. Diante da globalização, mudanças sociais, econômicas, políticas e do avanço das tecnologias, tornam-se essenciais à modernização e lançamento de novos produtos.

Uma das formas para adequarem o processo a lançamento de novos produtos mantendo a competitividade, lucro, custo, prazo de desenvolvimento e gestão de recursos é a utilização do Retrofit de máquinas e métodos.

O termo retrofit surgiu na Europa, como um processo de update de antigas edificações que, de outra maneira, paralisariam com poucas possibilidades de uso. Assim, através de uma reforma/refinação, voltam ao uso cotidiano os edifícios históricos, com a introdução de modernos sistemas construtivos, mantendo suas características originais [1].

O retrofit consiste em uma troca dos comandos eletrônicos por outros de última geração, troca de peças antigas por novas e de componentes e acionamentos antigos por modernos e mais confiáveis [2].

Podemos dividir o retrofit nas seguintes etapas: avaliação do equipamento, desenvolvimento do projeto, compra de materiais, implementação do projeto e testes [3].

No retrofit, primeiro define-se o porquê da realização do projeto, ou seja, qual é o objetivo do projeto. Em segundo lugar, é realizado um esboço da trajetória a ser seguida pelo meio de uma avaliação da máquina. Para esta avaliação são levantados os dados da máquina e a mesma é desmontada. Analisando juntamente com todos os envolvidos, é definida a melhor estratégia de se executar o projeto [3].

Mantendo o fundamento do projeto original do equipamento é elaborado outro projeto trazendo as modificações que serão realizadas na revitalização da máquina. A Terceira etapa corresponde à compra dos materiais, após a avaliação, a aprovação do orçamento e o término do projeto, são determinadas ordens de compra para os materiais pautados [3].

Este estudo foi realizado em ambiente fabril de uma empresa do setor automotivo, e apresenta a metodologia empregada no retrofitting dos equipamentos de uma sala de hot test de motores a diesel, responsável por assegurar a

funcionalidade e qualidade de todos os componentes dos motores diante de parâmetros.

1.1 TEMA

Nesse contexto, tem-se a proposição do tema: **Estudo de caso sobre a viabilidade econômica do retrofit aplicado na sala de hot test de motores a diesel**. Para alcançar o sucesso pretendido, é primordial um estudo correto do mercado de vendas dos motores estacionários (geradores) no Brasil, e como a empresa vai nacionalizar este motor de maneira que possa integrar a sua gama de produtos fabricados no país assegurando as normalizações e a qualidade até o cliente final.

1.2 JUSTIFICATIVA

O presente estudo se mostra relevante, pois a nacionalização do motor estacionário (geradores) gerou um aumento da competitividade de mercado da empresa tendo a disponibilidade de comercializar duas categorias de motores, nacional e importado, gerando um novo grupo de clientes. Nessa esfera, o Retrofit da sala de hot test de motores a diesel pode se tornar viável por se tratar de um serviço mais barato, com tempo de realização menor e que atende todos os requisitos necessários para realização dos testes necessários nos motores. Assim, a importância da escolha do retrofit para eficiência e eficácia da nacionalização do produto.

1.3 PROBLEMATIZAÇÃO

O problema de pesquisa deste estudo pode ser enunciado como:

Vale a pena investir em retrofit no maquinário da sala de testes, para realização dos testes necessários em um novo motor dentro de uma empresa do setor automotivo?

1.4 OBJETIVO GERAL

O objetivo da pesquisa é analisar e identificar a viabilidade econômica do retrofit aplicado na sala de hot test de motores a diesel utilizando a confrontação de três possibilidades de execução do projeto para a nacionalização do produto.

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para atingir ao objetivo geral, tem-se alguns objetivos específicos definidos, que vai nortear como será o trabalho, dentre estes, tem-se:

- Analisar todo o processo para realização dos testes de funcionalidade e qualidade realizados na sala de hot test dos motores a diesel.
- Elaborar o risk análise dos carrinhos de teste dos motores.
- Explorar o resultado apontado na ferramenta LCC (Life Cycle Cost).

1.6 METODOLOGIA

Nessa seção são citados os mecanismos metodológicos empregados para a realização da pesquisa.

A pesquisa é de natureza exploratória, e como tal, tem como objetivo apresentar uma melhor compreensão do contexto e tema, explorar a viabilidade do estudo e apontar sua importância.

O método de pesquisa utilizado é o estudo de caso em uma empresa do setor automotivo, e com objetivo de estudar a viabilidade econômica do retrofit aplicado na sala de hot test de motores a diesel. Envolve fazer pesquisa de mercado sobre a comercialização do motor estacionário (geradores) no Brasil, análise de processo de testes de qualidade, avaliação da estrutura dos carrinhos utilizados e exploração dos dados da ferramenta LCC. Esse tipo de abordagem é válido uma vez que esta ferramenta nos permite visualizar e compreender os diversos custos e despesas que serão desembolsados.

1.6.1 Coleta de Dados

O método de coleta de dados será pesquisa-ação:

A pesquisa-ação é definida pelo envolvimento entre os integrantes pesquisados e o pesquisador, considerando-se que, conforme doutrina de Thiollent et al. [4] e Nascimento et al. [5], cada colaborador tem muito a dizer e a fazer. Há diferença entre pesquisa-ação e pesquisa-participante. A pesquisa participante objetiva levar a comunidade a investigar e a analisar sua realidade e, partir das descobertas ou diagnóstico, provocar mudanças a posterior, sem a participação do pesquisador. Na pesquisa-ação o estudo da condição é conjunto à execução de planos de ação para provocar mudança, com a participação do pesquisador.

“A pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo [4]”.

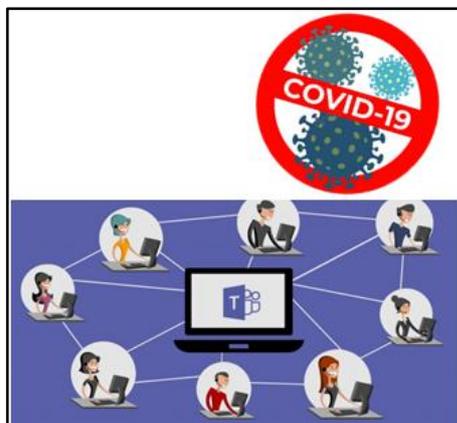
Conforme aborda Franco [6], tanto o pesquisador quanto o grupo pesquisado interagem de modo participativo, enriquecendo as ideias propostas no plano de pesquisa. Para a pesquisa-ação, é necessário que ao final da metodologia haja algum tipo de renovação da equipe envolvida, dispondo assim a resolução para o empecilho em questão, conforme os objetivos específicos da pesquisa. Por esse motivo, durante um determinado estudo, poderão ocorrer ajustes gradativos nos planejamentos da investigação, se fizer necessário, fortalecendo a questão da pesquisa com ação.

1.6.2 Análise de dados

Para Gil [7], a interpretação dos dados coletados procura o sentido mais amplo das respostas. Já a análise busca organizar e resumir os dados de forma tal que possibilitem o fornecimento de respostas ao problema proposto para investigação. De posse desses dados, fez-se a tabulação, gráficos dos mesmos em uma planilha eletrônica (Microsoft Excel), de forma a facilitar a análise e interpretação dos dados coletados na pesquisa.

Realização de reuniões diárias, semanais e mensais com o time e o fornecedor, que devido ao COVID 19 passaram a ocorrer de forma online na plataforma digital.

Figura 1 – ilustração reuniões plataforma digital



Fonte: O autor (2022).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO DE RETROFIT

A definição de retrofit surgiu no final da década de 90 nos Estados Unidos e na Europa. No início era aplicado na indústria aeronáutica para relacionar-se à melhoria de aeronaves aos novos e modernos equipamentos disponíveis no mercado. Ao decorrer dos anos, esta definição começou a ser aplicada também na construção civil tendo como alvo os processos de modernização e atualização de edificações, com o propósito de torná-las contemporâneas [16].

Conforme Cianciardi e Bruna [17], esse conceito arquitetônico provém da procura pela sincronicidade do edifício com o tempo atual, em condições de vitalizá-lo com novos materiais e tecnologias, impedindo que se torne obsoleto e possibilitando que equipare o desenvolvimento tecnológico dos grandes centros urbanos.

O processo de retrofit já é bem frequente na Europa, equivalendo a 50% das obras e em países como Itália e França, este indicador é elevado para 60% [18]. Estes países têm aumentado tais práticas de restauração, com o intuito de valorizar edificações obsoletas e ampliar a sua vida útil por meio da inclusão de avanços tecnológicos e do uso de materiais e processos de última geração.

De acordo com Croitor [19], a restauração de edifícios não se restringe a edifícios antigos, sendo possível ser adotada quando há interesse do empreendedor pela alteração de sistemas prediais ineficazes e/ou inapropriados, pela alteração na utilidade do imóvel ou, até mesmo, em ocasião que as edificações se deparam inacabadas e abandonadas.

Desse modo, o retrofit se especifica a uma restauração coletiva dos materiais e sistemas da edificação, tendo como relevância suas principais características. Pisos, ar condicionado central, elevadores, fachadas, iluminação, automação predial, sistemas hidráulicos, pavimentação, segurança e outros passam a ser foco deste processo.

Diversos motivos fundamentam a utilização do processo do retrofit, ressaltando o aproveitamento da infraestrutura atual no entorno e da sua localização, efeito na paisagem urbana, preservação do patrimônio histórico e cultural, déficit habitacional e sustentabilidade ambiental, além de referir-se a uma possibilidade mais econômica e eficaz do que a demolição seguida de uma reconstrução.

A inclusão das evoluções tecnológicas por meio do processo de retrofit possibilita que a edificação detenha devidas vantagens, como:

- a) integração dos sistemas, simplificando e economizando em manutenção;
- b) automatização dos serviços, reduzindo os gastos com mão de obra e deixando o controle e gestão da edificação mais eficiente;
- c) redução do consumo de energia;
- d) diminuição dos gastos;
- e) satisfação do usuário.

Em meio às particularidades acima descritas, o refinamento da qualidade de vida do usuário é, indiscutivelmente, a vantagem mais significativa da automação.

2.1.1 Graus de intervenção

As intervenções a serem efetuadas em uma edificação provêm dos seus aspectos e da sua condição. O informe Nora-Minc, manifesto francês publicado em 1978 com base no tema da informatização da sociedade, demonstra uma categorização de acordo com o grau de intervenção a ser desenvolvido, e que é praticada pela maioria dos pesquisadores do assunto [16].

a) Retrofit rápido: são caracterizados pela execução de pequenos reparos e benfeitorias em edifícios com um estado de conservação satisfatório ou razoável. Engloba serviços de recuperação de instalações e revestimentos internos.

b) Retrofit médio: além dos serviços de intervenção rápida, são incluídas intervenções em fachada, mudanças nos sistemas de instalações da edificação, reparos e eventual reforço de alguns elementos estruturais e melhoria das condições funcionais e ambientais dos espaços em geral. Pode envolver mudança de layout interno sem alteração do uso original do imóvel.

c) Retrofit profundo: engloba alterações significativas com demolições e reconstruções, podendo ocorrer uma substituição parcial ou total, desde pavimentos e paredes divisórias até a resolução de problemas estruturais e reestruturação das partes comuns, incluindo redes horizontais e verticais, substituição generalizada de carpintarias e ainda execução de novos revestimentos. Isto significa que além das atividades descritas nos outros tipos de retrofit, estão inclusas as intervenções com mudança de layout envolvendo desde a compartimentação até a própria estrutura do telhado.

d) Retrofit excepcional: corresponde a um amplo grau de desenvolvimento, sendo muito dispendiosa, podendo aproximar-se ou mesmo ultrapassar o custo de uma nova edificação com áreas e características semelhantes. Ocorre, principalmente, em edificações históricas ou localizadas em áreas protegidas.

2.1.2 Proposta de diretrizes para projetos de retrofit

A revista eletrônica *Sistemas & Gestão* [20] demonstrou os resultados de uma pesquisa de opinião elaborada por Moraes e Quelhas [20] a respeito dos projetos de retrofit. Por meio de um questionário, retratando um conjunto de temáticas relativas ao processo de um retrofit, foi possível avaliar o grau de satisfação e motivação de profissionais envolvidos nesse processo. Desta maneira, procurou definir as melhores práticas e tecnologias aplicadas na implantação de um retrofit articulando questões de pesquisa, hipóteses e objetivos conforme tabela 1.

Tabela 1 – Questões articuladas na elaboração do questionário

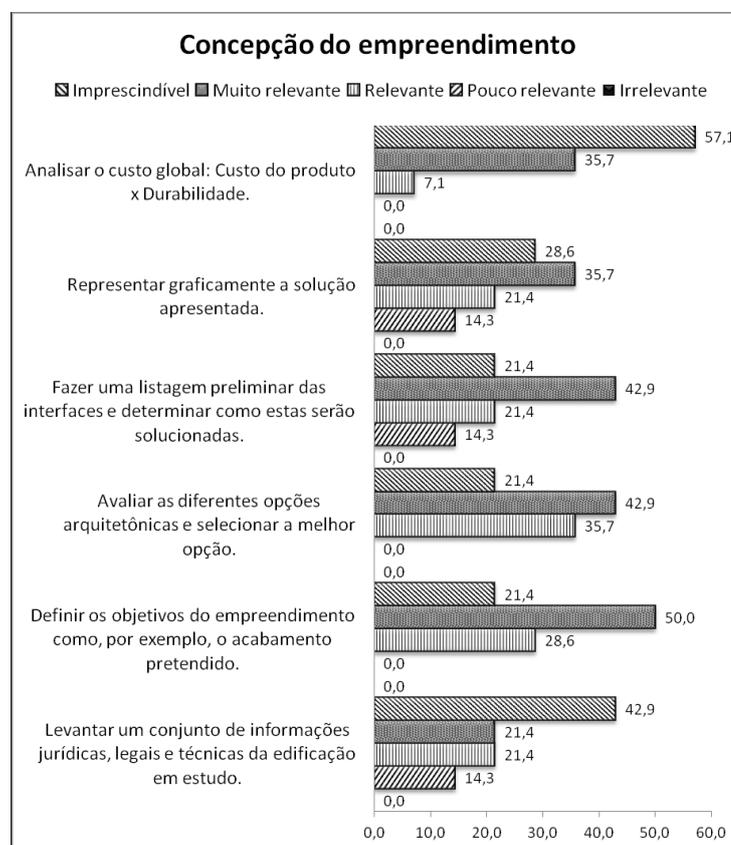
RETROFIT	Suas questões	Seus objetivos	Suas hipóteses
CONCEPÇÃO DO EMPREENDIMENTO DE UM RETROFIT	Levantar um conjunto de informações jurídicas, legais e técnicas da edificação em estudo.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Definir os objetivos do empreendimento como, por exemplo, o acabamento pretendido; 2) Custo do produto X durabilidade. 	Viabilidade de um Retrofit. Realizá-lo ou não?
INVESTIGAÇÃO DAS NECESSIDADES DA OBRA	<ol style="list-style-type: none"> 1) Idade do prédio; 2) Posição das fachadas; 3) Material usado na época da construção; 4) Estado de conservação. 	Facilitar a execução do projeto com o máximo de informações sobre a edificação em análise.	Manter ou não as antigas funções e sistemas.
DISCUSSÃO DAS ALTERNATIVAS	Maior detalhamento por parte dos projetistas.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Elaboração de um modelo padrão de planilha orçamentária e tecnológica; 2) Discussão com o cliente sobre as vantagens e desvantagens envolvidas no processo de um retrofit; 3) Valorização comercial, modernidade e luxo. 	Necessidade futura de manutenção adaptando as ferramentas e métodos de auxílio alcançando melhorias no desempenho em prol da sustentabilidade.
DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO	Verificar o tipo de fundação e a solidez da estrutura (a capacidade de suporte da nova sobrecarga)	<ol style="list-style-type: none"> 1) Manter o sistema construtivo original; 2) Selecionar empresas com experiência em reabilitação; 3) Readequar as funções que ainda estão aptas ao uso. 	Transformar a sua função original sem perder suas características funcionais evitando a degradação do ambiente construído.

Fonte: [20]

Os profissionais que participaram respondendo ao questionário deveriam avaliar os itens retratados e categoriza-los em irrelevante, pouco relevante, relevante, muito relevante ou imprescindível. Para cada conjunto de itens associados, foi gerado um gráfico com a frequência relativa das respostas de acordo com o grau de relevância dos itens [20].

a) Concepção do empreendimento

Gráfico 1– Frequências relativas (%) das respostas de acordo com o grau de relevâncias dos itens em “Concepção do empreendimento”.



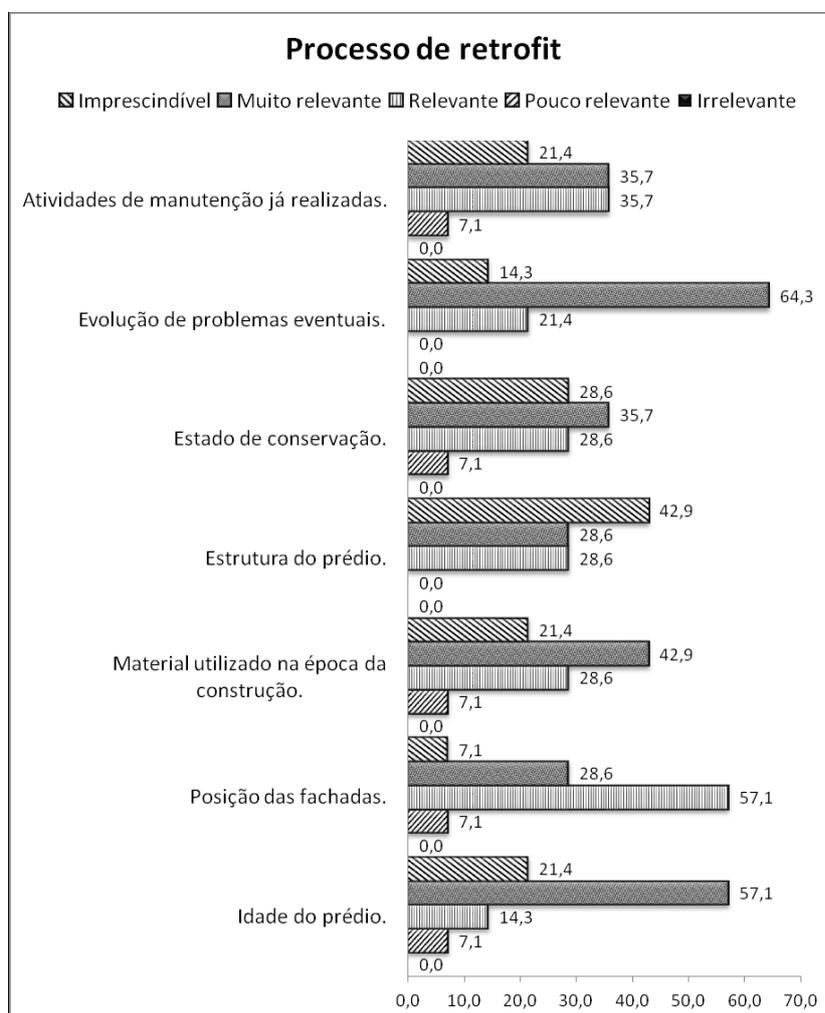
Fonte: [20]

Conforme o gráfico 1, os profissionais que participaram do questionário julgam a análise do custo global como um item imprescindível no ponto de vista do empreendimento. Este resultado tem grande significância, pois a implantação de um retrofit acarreta gastos. Portanto, é essencial analisar a viabilidade econômica da proposta [20].

Também, manifesta-se um receio com o levantamento do conjunto de informações jurídicas, especialmente porque se a implantação não for feita dentro de meios legais adequados, podem acontecer adversidade com proprietários, clientes e órgãos públicos, aumentando custos e expirando prazos [20].

b) Processo de retrofit

Gráfico 2– Frequências relativas (%) das respostas de acordo com o grau de relevâncias dos itens em “Processo de retrofit”.

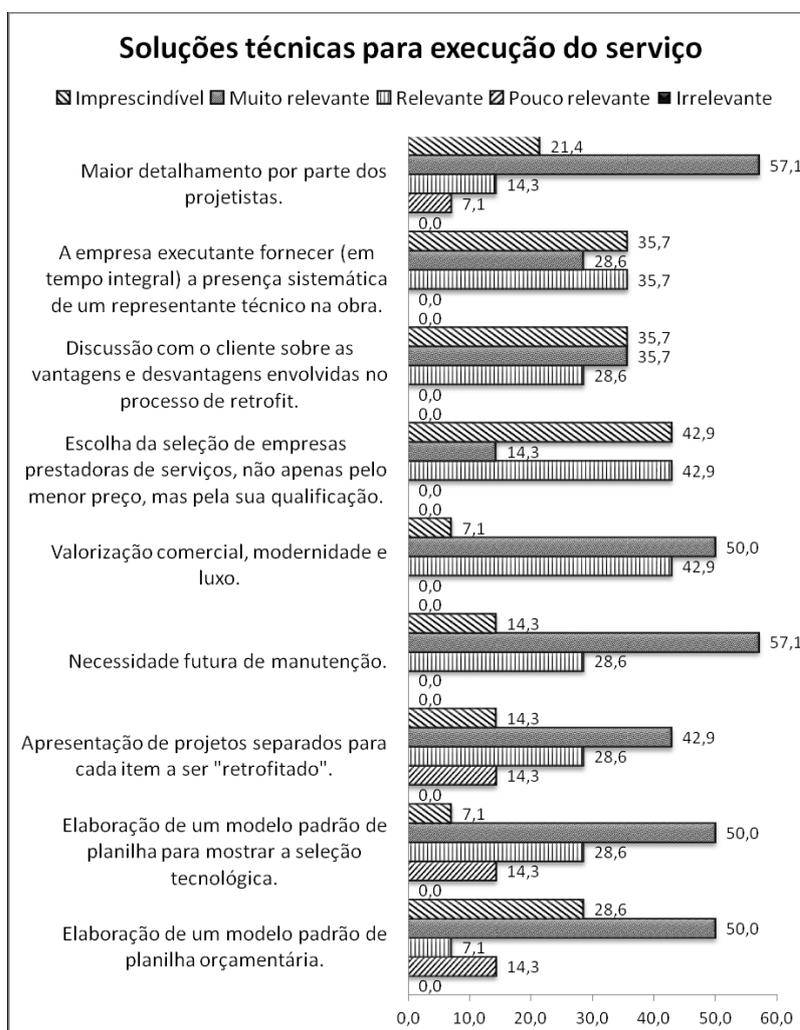


Fonte: [20]

Sobre o processo de retrofit, resultou-se que o mais importante foi a estrutura do prédio. Entretanto, pode-se constatar que também são conceituados de muito relevante a idade do prédio e a evolução de eventuais problemas. Estes resultados afirmam a importância de uma análise minuciosa das condições do empreendimento antes do início das atividades de retrofit [20].

c) Soluções técnicas para execução do serviço

Gráfico 3– Frequências relativas (%) das respostas de acordo com o grau de relevâncias dos itens em “Soluções técnicas para execução do serviço”.



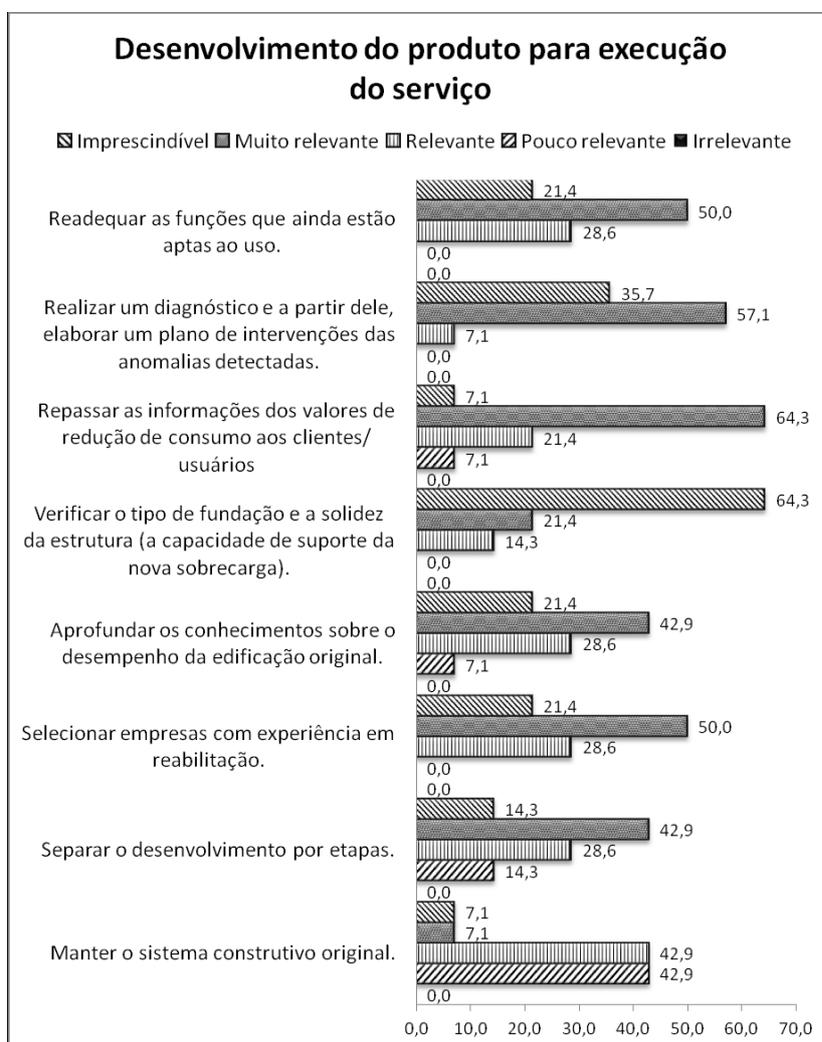
Fonte: [20]

Na questão de soluções técnicas para execução do serviço, os profissionais ressaltaram que a escolha da seleção de empresas prestadoras de serviços, não somente pelo menor preço, mas por sua qualificação é imprescindível para o sucesso do retrofit [20].

Mas, observa-se que outros elementos também são apontados de extrema importância, tal como, a discussão com o cliente sobre as vantagens e desvantagens envolvidas no processo e a presença em tempo integral de um representante técnico na obra [20].

d) Desenvolvimento do produto para execução do serviço

Gráfico 4– Frequências relativas (%) das respostas de acordo com o grau de relevâncias dos itens em “Desenvolvimento do produto para execução do serviço”.



Fonte: [20]

Observando o gráfico 4 visualiza-se uma grande preocupação com a verificação do tipo de fundação e a solidez da estrutura, tendo em vista que a execução de um retrofit pode envolver novos carregamentos oriundos de novos lay-outs, novos sistemas, novas funções e novos subsistemas [20].

Elaborar uma análise e, baseado nela, elaborar um plano de intervenção das anomalias detectadas, bem como o aprofundar os conhecimentos sobre o desempenho da edificação original também são dados vistos como relevantes pelos profissionais entrevistados [20].

2.2 LIFE CYCLE COST (LCC)

Para atender ao objetivo do trabalho, utilizou-se a ferramenta LCC (Life Cycle Cost), uma ferramenta que soma todos os custos recorrentes que ocorrerão em toda a vida útil de um ativo, a amostragem foi de 3 opções para realização do projeto, envolvendo pessoas das áreas produção, engenharia, compras e estratégicas do departamento de vendas.

O que é LCC:

O LCC – Life Cycle Cost ou Custo do Ciclo de Vida é a somatória de todos os custos rotineira e únicos que se darão ao decorrer de toda a vida útil de um ativo, serviço, estrutura ou sistema [21].

Utilização do LCC:

O LCC pode ser aplicado na aquisição de novos ativos em projetos, tendo como exemplo, assim como na convicção de descontinuar um equipamento ou uma linha de produção [21].

Deste modo, o balanço do LCC permite que a empresa compreenda os abundantes custos e despesas que são ou serão empregados:

“Na estrutura atual – análise da situação atual para a tomada de decisão, ou seja, continuar desembolsando os valores atuais para “tentar” melhorar a eficiência do processo ou investir em novas tecnologias, mais seguras, eficientes e econômicas ao longo da vida útil;
Projeto específico – análise preventiva realizada pelos times de projetos, finanças e compras, que permitirá adquirir tecnologias mais econômicas para a implantação do projeto, sem afetar a segurança, a eficiência e ainda gerar Savings ao longo do tempo [21].”

Em vista disso, o intuito primordial será determinar o mais acertado custo-benefício por toda a extensão do tempo e não levar em consideração apenas o custo inicial de compra e o custo de instalação e funcionamento [21].

Como Calcular:

A fórmula do LCC corresponde a:

$$LCC = IC + RC$$

$$LCC = [(Cic + Cin) + (Ce + Co + Cm + Cs + Cenv + Cd)]$$

Onde:

IC = Custo Inicial

Composto por:

Cic = custo inicial de compra

Cin = custo de instalação e funcionamento

RC = Custo Residual

Que é composto por:

Ce = custo de energia

Co = custo de mão de obra para operar

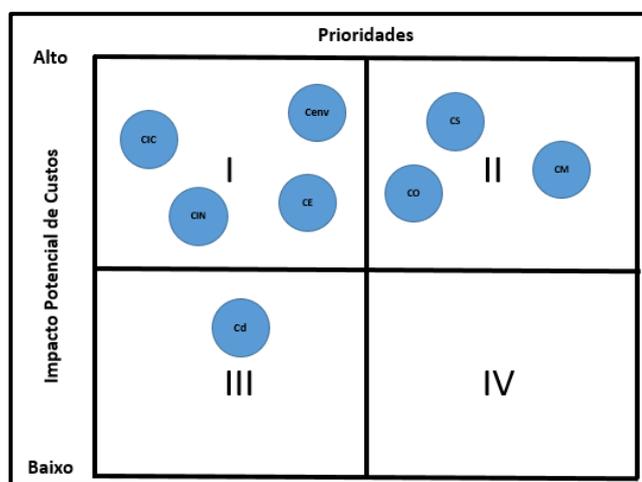
Cm = custo de manutenção

Cs = custo de parada de produção

Cenv = custo para cuidados ao meio ambiente

Cd = custo de disposição final

Imagem 2– Exemplo da Matriz de Decisão – LCC.

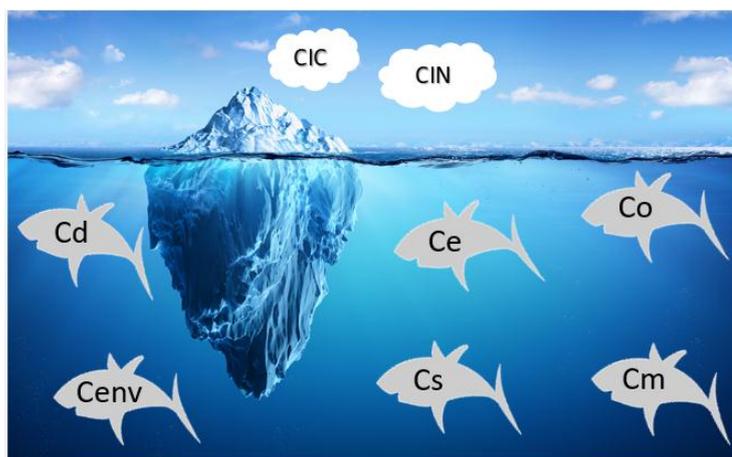


Fonte: [21].

Desta forma, ao avaliar a matriz, podemos priorizar os temas que mais afetarão os custos do projeto no decorrer do tempo, lembrando que haverá o comparativo entre variadas possibilidades e que será preciso definir e validar aquele que trará o melhor resultado financeiro ao projeto [21].

Sendo assim, é preciso estudar minuciosamente as estratégias de reformas e projetos, podemos elevar a segurança, a eficiência e a qualidade dos nossos processos economizando em longo prazo [21].

Imagem 3– “Nem sempre o mais barato será a melhor opção em longo prazo”.



Fonte: [21].

2.3 MOTORES À COMBUSTÃO INTERNA

Antes de explicar o que é um motor de combustão interna, temos que falar a definição de máquinas térmicas. Máquinas Térmicas são dispositivos que permitem transformar calor em trabalho, por meio de combustão interna [8].

Nos motores mais comuns, essa transformação ocorre através dos ciclos de expansão e compressão do fluido (combustível) onde ocorre a combustão (câmara de combustão) em cada cilindro, onde é convertido o movimento retilíneo alternado do pistão em movimento rotativo do virabrequim. O nome de “biela-manivela” é dado a esse sistema citado [9].

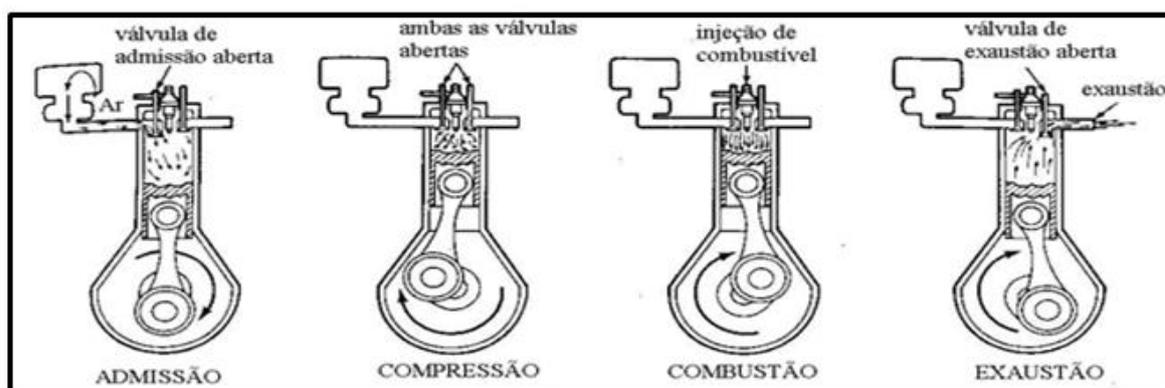
De acordo com a metodologia de Heywood [10], os MCI (motores a combustão interna), como também são chamados, dividem-se em dois grupos principais:

Motores de Ciclo Otto: onde a ignição é produzida por uma centelha que se dá por meio de energia elétrica (chamada de vela) e utiliza como combustíveis o etanol e gasolina.

Motores de Ciclo Diesel: já nesse, a queima do óleo diesel, ocorre devido às altas temperaturas e pressões da câmara de combustão.

Sendo que desses dois, os mais comuns são os motores Ciclo Otto, eles são compostos de quatro tempos, funcionam por meio de quatro meias-voltas ou conhecido como “tempos” que estão descritos na imagem abaixo, são eles: Admissão, Compressão, Combustão, e por fim, Exaustão [10].

Imagem 4– Os quatro tempos do motor.



Fonte: [22]

Com base na imagem 4, abaixo está descrito a explicação de cada um dos quatro tempos do motor ciclo Otto.

O primeiro tempo é a admissão. Durante esta fase, a válvula de admissão aceita que uma mistura de ar e combustível entre na câmara de combustão, enquanto o êmbolo move-se para expandir o espaço dentro dessa câmara [10].

O segundo passo é a compressão. Nesse caso, o êmbolo se move para realizar a compressão do ar e combustível, fazendo com que seu volume diminua. Aqui ocorre a compressão adiabática (consiste no processo de diminuir o volume da mistura e desse modo aumentar sua pressão) e então o conjunto recebe calor em uma transformação isovolumétrica (transformação termodinâmica que acontece a volume constante em um sistema fechado) [10].

O terceiro estágio é chamado de explosão. Ao final do último tempo, as velas geram faíscas, assim ocorre a explosão do ar mais o combustível, o resultado é a expansão da mesma [10].

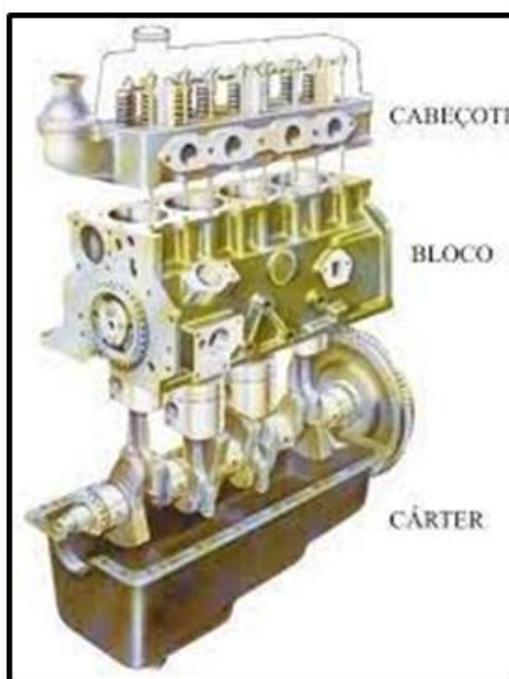
Após o terceiro tempo, o quarto tempo acontece quando a válvula de exaustão/saída se abre e permite que os gases que queimaram na etapa anterior se escapem. A expansão move o motor para o próximo estado, onde há perda de calor e volta para o primeiro tempo, e o ciclo recomeça [10].

Os motores à combustão interna são compostos por diversos componentes, podemos dividi-los em dois grupos principais: componentes fixos e móveis.

As principais partes fixas são: bloco de cilindros, cárter e cabeçote. O bloco é considerado o principal componente do motor, Entre eles estão cilindros e furos de resfriamento (arrefecimento) [11].

O bloco do motor funciona como o "chassi", ou seja, a base do motor do veículo, no qual são instalados outros componentes. O cárter é a tampa inferior instalada sob o bloco de cilindros, responsável por armazenar óleo de motor. Finalmente, o cabeçote serve uma espécie de tampa, formando o local para a combustão do motor. No cabeçote também podemos encontrar um conjunto de válvulas (componentes móveis), que são responsáveis pela entrada de combustível e pela descarga de gases. Podemos ver cada um desses componentes na imagem que se encontra na próxima página [11].

Imagem 5– Componentes fixos do motor.

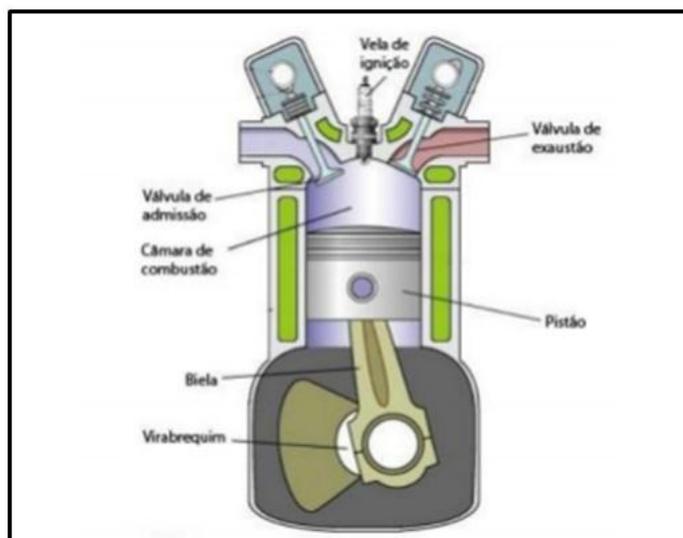


Fonte: [23]

Os principais componentes que compõem o conjunto de componentes móveis do motor móvel são: Virabrequim, bielas, pistões, válvulas de admissão e escape/exaustão. O virabrequim é o eixo que transforma o movimento linear dos pistões em movimento rotativo e é onde se encaixa a biela e válvulas. A biela é o braço que conecta o virabrequim e o pistão. Este último é um êmbolo que se move linearmente no cilindro, formando a câmara de combustão. Por fim, as válvulas são componentes que permitem a entrada de fluidos (combustível e gás) na câmara de combustão [11].

Abaixo podemos visualizar melhor esses componentes.

Imagem 6– Componentes básicos do motor ICE.



Fonte: [24]

2.4 MOTORES ESTACIONÁRIOS À DIESEL

O motor Diesel tem essa nomenclatura em homenagem ao seu inventor (Rudolph Diesel), é um motor com pistão alternativo sua mistura interna é formada heterogeneamente, devido a sua alta compressão, possui autoignição [12].

Tanto Otto quanto Diesel usam o modelo de pistão de combustão interna. Este modelo pode ser desenvolvido sendo de dois ou quatro tempos. A característica básica de cada modelo (Otto ou Diesel) é o combustível, no modelo Otto é utilizado gasolina ou álcool, enquanto no modelo Diesel é utilizado óleo diesel [13].

O controle de entrada de combustível desde a construção do primeiro protótipo de motor diesel, em 1893, foi sendo aprimorado ao longo do tempo, usando complexos sistemas de injeção eletrônica de combustível atualmente, tendo como principal objetivo o controle das emissões de poluentes, já que o diesel tem a fama de poluir bastante o meio ambiente [13 e 14].

Existem motores a diesel que funcionam em ciclo de 2 tempos, usados principalmente em aplicações maiores, temos como exemplos os motores navais e instalações de geração de energia (motores de baixa rotação), ou em ciclo de 4 tempos, que é o tipo mais comumente usados em veículos [13 e 14].

Falando sobre as principais diferenças entre esses dois tipos de motores são que, em um motor de quatro tempos, os quatro estágios de combustão ocorrem em sequência, ou seja, admissão/compressão/combustão/escape. Já no motor de dois tempos, há a compressão e a expansão simultânea dos gases de admissão e escape, ou seja, o ciclo de combustão se completa a cada revolução do virabrequim [13 e 14].

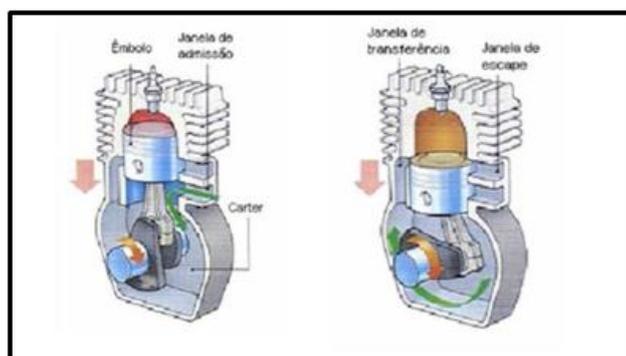
Mecanicamente, um motor de dois tempos é mais eficiente que um motor de quatro tempos porque desenvolve seu funcionamento resumindo o processo que um motor de quatro tempos realiza pela metade. Mecanicamente, um motor de dois tempos é muito simples, com poucas partes móveis, e o próprio pistão funciona como uma válvula carretel, abrindo e fechando as portas por onde a mistura entra e eliminando os gases da queima. Entre as vantagens de um motor de dois tempos, destacam-se: montagem mais simples; mais leve que o de quatro tempos, pois produz um curso do motor por rotação do virabrequim; menor custo; maior potência de combustão, entre outras [14 e 15].

Os motores de 2 tempos também apresentam desvantagens: não são muito econômicos; o aquecimento é maior, pois a frequência de combustão é maior do que o de quatro tempos; há pequena capacidade de lubrificação devido ao óleo ser diluído no combustível. Portanto, devido a essas desvantagens há uma baixa utilização desse tipo de motor em máquinas de grande porte, preferindo ser utilizado em máquinas de porte menor [13 e 14].

Quanto ao seu funcionamento, os motores de dois tempos têm baixa rotação de trabalho e, portanto, são mais econômicos que os motores de quatro tempos. À medida que a rotação é exagerada, sua vida útil diminui mais rapidamente, o consumo continua a aumentar e a poluição continua [13 e 14].

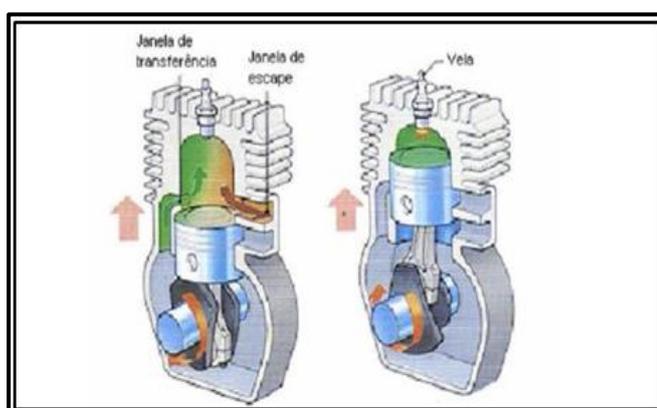
Como no tópico anterior (Motor a combustão interna), conseguimos ver o funcionamento dos motores quatro tempos, seja ele Otto ou Diesel, na imagem abaixo estará representado um motor dois tempos [13 e 14].

Imagem 7– 1º tempo do motor



Fonte: [25]

Imagem 8– 2º tempo do motor



Fonte: [25]

2.5 O PROCESSO HOT TEST

O método Hot Test, habitualmente intitulado de Bancos de Testes, consiste em ligar e testar os motores simulando seu funcionamento no veículo. A performance desse método resume-se, sobretudo em um freio dinamômetro que absorve a energia gerada no motor, através do procedimento de testes monitorado por meio de sistema automatizado, com parâmetros de monitoramento de velocidade e rotação [26,29].

Conforme [29,31], determinados projetos específicos de salas de Hot Test são executados perante carga, junto a bancas de revisão, para finalidade de restauração e testes de engenharia de motores. Estas salas precisam de um espaço apropriado com as seguintes alimentações:

- (a) esquema de alimentação de água e esgoto;
- (b) sistema de fornecimento de combustível;

- (c) sistema de ventilação adequada;
- (d) sistema de escape do motor para o exterior;
- (e) isolamento acústico;
- (f) sistema de segurança e precauções contra incêndio.

Segundo Atkins [30], encontram-se vários modelos de amostragem de motores na indústria, sendo os mais realizados:

- (a) Ensaio de durabilidade;
- (b) Ensaio de desempenho;
- (c) Ensaio de combustível e lubrificante;
- (d) Investigações especiais;
- (e) Ensaio do sistema de exaustão;
- (f) Ensaio do agente catalisador.

Conforme aborda Pereira [28], normalmente há uma referência do relatório a fim de apontamento dos valores avaliados ao decorrer dos testes de produção no final do processo de montagem. O ensaio de eficiência é bem usado com motores a diesel, praticados com a carga máxima. Nesse processo, o acelerador é posicionado em sua máxima rotação, através da execução das cargas de 25%, 50% e 75%. Com isso estabelecerá a potência máxima do motor para cada rotação de seu desempenho, conforme premissas de qualidade.

Martyr & Plint [32] traduzem o método fundamental para o procedimento de Hot Test como práticas de manejo do motor, ajustes, fixação, enchimento, partida do motor, drenagem e a sequência de teste real; sendo realizado de forma automatizada. As possíveis ações e especificações de falhas são executadas por um colaborador experiente no assunto. É possível que a percepção de vazamento seja complexa em um processo de Hot Test, por razão disso, frequentemente é desempenhado em uma operação específica (Black-light).

2.6 O PROCESSO COLD TEST

O Cold Test, por contrapartida, constitui-se em estudo de contornos de ondas do motor em prova, correlacionadas com referências de um motor ideal, privado da combustão. A base do Cold Test é a elaboração e a manutenção enorme quantias de dados que geram um sistema informatizado de estudos e correlações [33,35].

A notável vantagem nos ensaios a frio é a retirada da ignição e, em consequência, combustão do motor quando estiver realizando as avaliações, levando em conta que o motor é funcionado por meio de um motor elétrico conectado ao seu eixo. A velocidade de rotação do motor onde são submetidos os testes é reduzida e a entrega de sinais possui uma suprema precisão. Desta forma, a diminuição das velocidades e cargas do teste reduzem as avarias de um motor imperfeito [32,36,37].

Uma operação de Cold Test recusa grande infraestrutura de laboratório de ensaio necessário para um Hot Test Standart. É dispensado os sistemas de exaustão e ventilação aplicados, os riscos de incêndio são reduzidos, o sistema de combustível e mitigação do ruído são encurtados. O produto submetido ao teste é ligado por meio do motor elétrico, desta forma, não há combustão no processo [32].

Conforme abordado pelos autores Martyr & Plint [32], o Cold Test normalmente engloba:

- a) curva de pressão de óleo durante um período, como intuito de averiguar a bomba de óleo e a plenitude do sistema de óleo do motor;
- b) torque de partida do motor ao longo do teste, onde aponta pistões ou rolamentos com apertos acima do especificado ou mal regulados;
- c) sincronia do virabrequim e do comando;
- d) apuração das pulsações de pressão do Common Rail, sistema onde a injeção de combustível acontece diversas vezes no decorrer do ciclo de abastecimento [29];
- e) averiguação do fluxo de ar de admissão e escape, comportamento da válvula de compressão;
- f) teste de integridade do chicote elétrico, efetuado na própria área do teste.

Os contornos de ondas/assinaturas modelos para qualquer sinal são similares para motores bons ou defeituosos. Se tratando de um motor com defeito, os dados analisados são anormais, em consequência, os contornos de ondas são modificados. Obtendo este entendimento, se toda capaz a identificação as anomalias automaticamente nos motores e do mesmo modo indicar a razão do problema. É realizado as correções necessárias antes de estragar o motor [37].

2.7 COLD TEST VERSUS HOT TEST

Segundo Gagneur [36], por vários anos, montadoras de motores a diesel necessitaram unicamente do Hot Test, ao fim do processo em suas linhas de montagem, para detectar anomalias e certificar a qualidade do produto. Porém, na maioria das vezes, as provas a quente só é qualificado para constatar os impactos do problema, tal como, a baixa pressão do óleo, não trazendo dados sobre o motivo do problema, por exemplo, uma bomba de óleo com imperfeições. Em contrapartida, o Cold Test estuda os sinais elétricos da bomba de óleo e seu arco de pressão a partir do princípio de seu procedimento até o seu desligamento, caracterizando desse modo a razão da baixa pressão do motor.

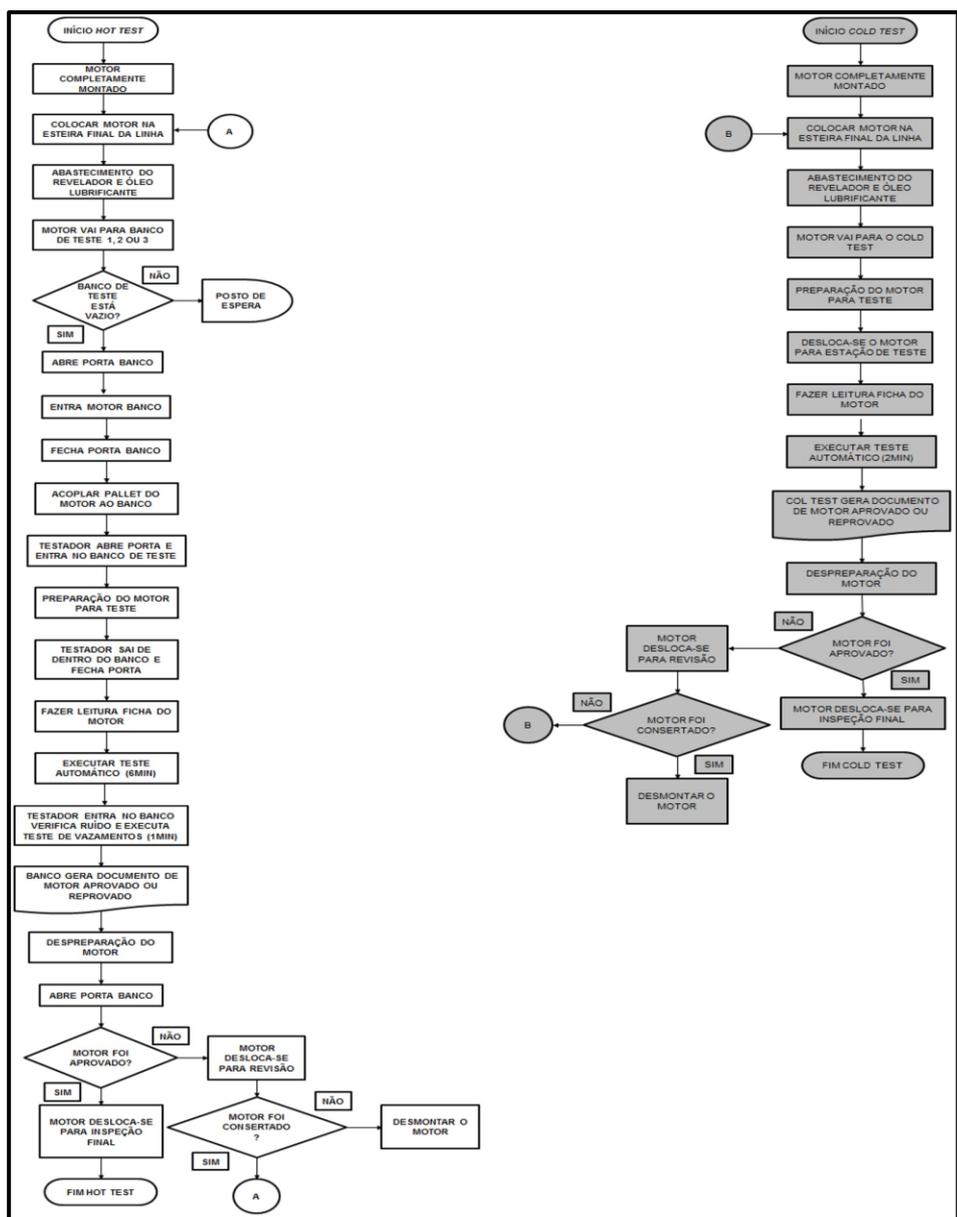
A sala de Teste é preparada para reconhecer os códigos de identidade no motor, identificar variantes, também para regular a certificação ou desaprovação em equivalência com os parâmetros de qualidade levantados pelo setor responsável da empresa. Durante a realização do teste, duas aferições são cruciais para a plenitude da montagem do motor: a apuração do torque e o tempo essencial para que atinja o nível normal da pressão do óleo. Esse método desempenhado no “chão de fábrica” tem o tempo de 5 e 8 minutos [38].

Esses tempos maiores dos testes estão se tornando incomuns e sujeitos a testes com períodos reduzidos nos dinamômetros. Contudo o Cold Test desempenha a mesma avaliação em menor tempo, por esse motivo vem se tornando uma aplicação gradativamente mais comum, especialmente se tratando de motores com pequeno porte. Nesses motores é habitual a realização do processo Cold Test de quase 100% da produção e somente uma porcentagem bem pequena no Hot Test [36].

A modernização do Cold Test ressalta o constante receio se tratando da segurança, visto que o colaborador não fica próximo do motor enquanto estiver funcionando, desta forma é reduzido os riscos de acidentes com os operadores. Para mais, seu ruído fica próximo de 50 dB (decibéis), em consequência disso não é necessário enclausurar a máquina como nas salas de testes. Mais um benefício considerável do Cold Test é a identificação das falhas de forma antecipada evitando que peças venham a se soltar ou até mesmo que se quebrem, em virtude da análise dinâmica realizada pelos seus sensores de vibração [32 e 39].

Entretanto, conforme Gagneur [36], existem determinadas limitações particulares para o método Cold Test, tendo como exemplo, os vazamentos. Essas fugas são causadas pela ampliação diferencial das peças durante o aquecimento do motor. São difíceis de se notarem e os percursos dos seus fluidos são em menor quantidade em relação aos do Hot Test. Conseqüentemente, essas anomalias de manufatura ou peças não são mostradas no Cold Test.

Imagem 8– Comparação dos fluxos Hot Test e Cold Test.



Fonte: [40]

3. RESULTADOS

Através dos dados coletados e auxílio da ferramenta LCC, apresentam-se a seguir os resultados do estudo de caso realizado:

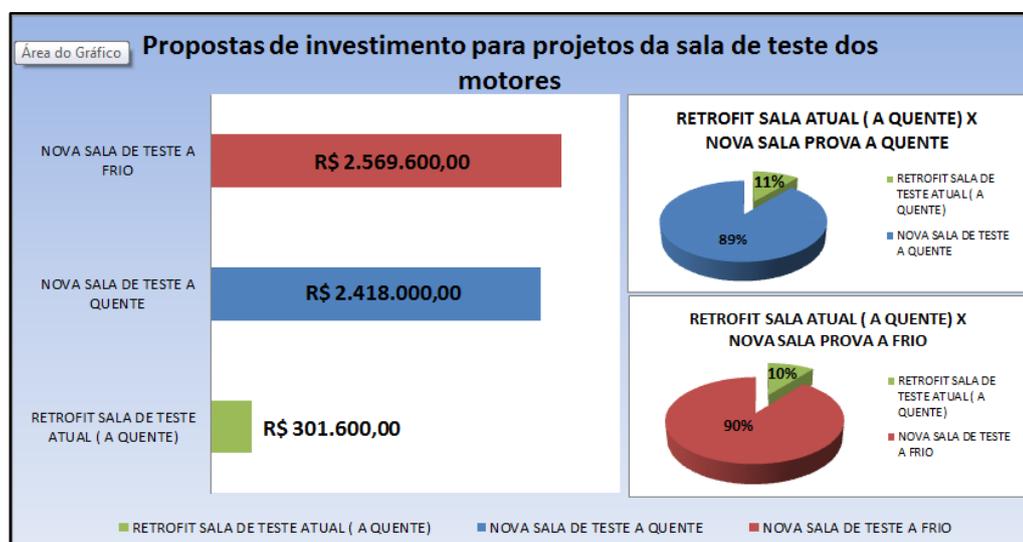
Tabela 2 – Cenário para realização do projeto

REUNIÃO INICIAL								
ITEM	PROJETO	I.C (KR\$)	R.C (KR\$)	LCC (KR\$)	CONFIABILIDADE	SEGURANÇA	QUALIDADE	TEMPO DE CICLO
1	RETROFIT SALA TESTE ATUAL (A QUENTE)	301,6	78	837,2	✓	✓	✓	✓
2	NOVA SALA DE TESTE A QUENTE	2.418	182	3655,6	✓	✓	✓	✓
3	NOVA SALA DE TESTE A FRIO	2.569,60	83,2	3136,4	✓	✓	✓	✓

Fonte: O autor (2022)

Observa-se na tabela 2 que realizando a reunião tinha-se três opções para este projeto sendo a primeira realizar o retrofit da sala hot test, a segunda a aquisição de uma nova sala hot test e a terceira implementar um sistema de teste a frio a sala cold test. Nota-se também que todas as três opções iniciais de projeto atendiam os requisitos pré-estabelecidos de confiabilidade, segurança, qualidade e tempo de ciclo.

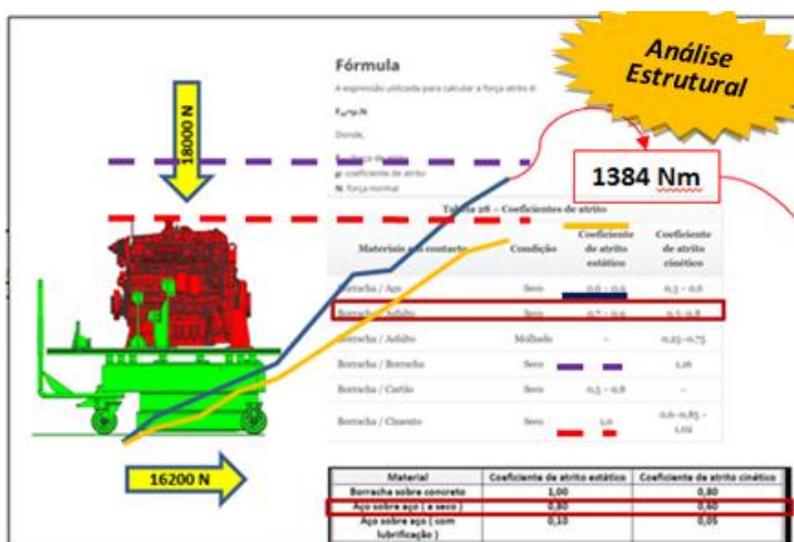
Gráfico 5 – Investimento a curto prazo.



Fonte: O autor (2022)

Analisando-se o gráfico 5 mais dados anteriores, observa-se que quando perguntado se vale a pena investir em um retrofit do maquinário da sala de testes para realização dos ensaios necessários em um novo motor na empresa do setor automotivo, a ferramenta LCC certifica que o retrofit é a melhor opção a ser seguida a curto e longo prazo com um investimento menor, tendo uma aplicação inicial de 58kUSD e no final dos 10 anos de uso, prazo determinado para o tempo de vida do equipamento o gasto para manter o seu bom funcionamento chegará a 161KUSD, valores bem abaixo das outras propostas.

Figura 9 – Análise estrutural de cada carrinho de teste.



Fonte: O autor (2022)

Figura 10 – Carrinho de teste.



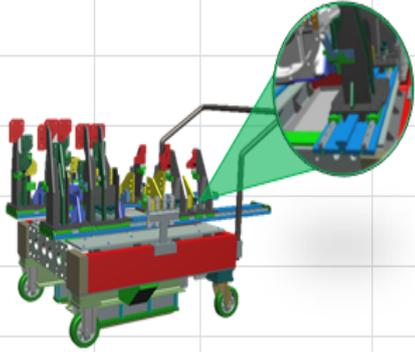
Fonte: O autor (2022)

Desempenhando um estudo sobre a figura 9 e 10, realizou-se uma análise estrutural de cada carrinho de teste e juntamente com a curva de torque do novo

motor observa-se que os valores de torque projetado para o corrente produto superam a capacidade suportada pelo carrinho da sala de teste com isso gerou-se uma classificação de impacto de processo com uma classificação de um equipamento de alto impacto no processo.

Tabela 3 – Critérios para solução de problema.

DEFINIÇÃO DA SOLUÇÃO			
	SOLUÇÃO 1	SOLUÇÃO 2	SOLUÇÃO 3
CUSTO	✗	✓	✓
FUNCIONALIDADE	✓	✓	✗
SEGURANÇA	✓	✓	⚠
FIXAÇÃO	✓	✓	✗
CONFIABILIDADE	✓	✓	✗



Fonte: O autor (2022)

Definido o equipamento foram identificados os principais pontos de atuação juntamente com o fornecedor e time de projeto dos pontos de maior impacto. Onde falando da segurança, foi estudado o risk análise e notou-se o risco de queda do suporte do motor onde o operador suspende o suporte que é fixado ao motor e atentou que este problema era uma gravidade. Entendendo o fenômeno e a causa raiz, observou que os suportes não eram fixados ao carrinho de teste. Para encontra uma solução para o problema apresentado analisou-se três opções sendo elas:

- ✓ Fixar os suportes ao carrinho com uma usinagem denominada rabo de andorinha;
- ✓ Fixar os suportes ao carrinho com um rasgo em T;
- ✓ Fixar os suportes ao carrinho com um rasgo em T com guias lineares.

4. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

As intervenções a serem efetuadas em um projeto de retrofit resultam dos aspectos e das condições da estrutura a ser melhorada, podendo ser rápido, médio, profundo ou excepcional. Para uma melhor escolha do retrofit a ser realizado também é levado em consideração a concepção do empreendimento, o processo de retrofit, as soluções técnicas para execução do serviço e o desenvolvimento do produto para execução do serviço.

Procurou-se levantar informações relevantes ao processo de retrofit, bem como identificar as principais práticas e ferramentas utilizadas para realização dos testes funcionais em motores a diesel.

Os resultados encontrados no presente estudo de caso sugerem que ao se analisar as três propostas de projeto utilizadas na empresa verificou-se que existe uma viabilidade econômica na realização do retrofit aplicado na sala de hot test de motores a diesel de uma empresa do setor automotivo, foram analisados todos os cenários disponíveis. Pode-se deduzir que houve uma enorme economia no potencial de investimentos.

Com relação à análise da viabilidade econômica do processo de retrofit da sala de teste dos motores a diesel, concluiu-se que analisando as 3 propostas relacionadas ao tema, o retrofit apresenta uma viabilidade econômica maior em relação as outras propostas com relação a curto e longo prazo.

O maior impacto da viabilidade econômica foi na variável Custo, já as variáveis, Confiabilidade, Segurança, Qualidade e Tempo de ciclo, todas as três propostas pretendidas atendiam.

Como definição de solução do suporte do motor foi criado um critério de avaliação que é demonstrado conforme figura 11 e definiu-se que a solução 02 era a mais viável e que atenderia a todos requisitos. Através de uma análise dos resultados foi possível eliminar o risco de queda do suporte no içamento do motor.

Esse estudo de caso apresenta como colaboração para as pesquisas da área: (1) identificação em pesquisas anteriores do uso do retrofit em projetos civis e aquisição de novos ativos, (2) modelo de pesquisa para avaliação da viabilidade econômica do retrofit, (3) instrumento de pesquisa validado para mensuração do custo do ciclo de vida na aquisição de novos ativos em projetos (4) avaliação da viabilidade econômica do retrofit na sala de teste de motores a diesel em uma

empresa do setor automotivo de grande porte. Como limitação desta pesquisa destaca-se: o desenvolvimento da pesquisa-ação ter ocorrido apenas em uma empresa do setor automotivo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma vez que foram confirmadas evidências da viabilidade econômica no processo de retrofit da sala de testes de motores a diesel, abrem-se espaço para estudos futuros sobre as diferentes intensidades desta relação com as demais propostas, considerando-se outras variáveis e ambientes.

Com isto, conclui-se que segundo este estudo de caso o retrofit da sala de teste dos motores a diesel da empresa do setor automotivo possui uma viabilidade econômica com um valor de investimento de R\$ 301.600,00 sendo 89% mais barato que o investimento para uma nova sala de teste a quente e 90% mais em conta que o investimento para uma nova sala de teste a frio.

REFERÊNCIAS

[1] RIBEIRO, Alexandre da S.; ALMEIDA Antônio Gabriel S.; SOUZA, Milton B.; LIMA, Eduardo J. Metodologia para implementação de retrofiting de controladores de equipamentos de automação de processos. In: **8º Congresso Ibero-americano de Engenharia Mecânica, 2007, Cusco**. Cusco: Federação Obero americana de Engenharia Mecânica, 2007, p. 1-8.

[2] LEITE, Ednei de Oliveira. **Retrofitting Industrial – O Uso De Novas Tecnologias**. Universidade São Francisco. Campinas: 2007.

[3] GRAMS, C.A; CETNAROWSKI, E. **Retrofit em máquinas industriais: estudo de caso**. 2014. 62p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em engenharia de produção) -Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em:
http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9475/2/CT_COMET_2014_1_03.pdf. Acesso em: 10 de maio de 2022.

[4] THIOLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-ação**. 14TM edição. São Paulo: Cortez Editora, 2005.

[5] NASCIMENTO, Francisco Paulo do Nascimento. **Classificação da Pesquisa: Natureza, método ou abordagem metodológica, objetivos e procedimentos**. Disponível em:
<http://franciscopaulo.com.br/arquivos/Classifica%C3%A7%C3%A3o%20da%20Pesquisa.pdf>>. Acesso em: 11 de maio de 2022.

[6] FRANCO, M. A. S. **Pedagogia da Pesquisa-Ação**. Revista Educação e Pesquisa, São Paulo, v.31, n.3, p.483-502, 2005. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/ep/a/DRq7QzKG6Mth8hrFjRm43vF/abstract/?lang=pt#:~:text=A%20pesquisa%2Da%C3%A7%C3%A3o%20tem%20sido,suas%20possibilidades%20como%20pr%C3%A1xis%20investigativa>. Acesso em: 13 e maio de 2022.

[7] GIL, A. C. **Método e Técnicas de Pesquisa Social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2007.

[8] BRUNETTI, Fabiano. **Motores de combustão interna: Volume 1**. Editora Blucher, 1 de jan. de 2018.

[9] PULKRABEK, W. W. **Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine**. University of Wisconsin-Platteville; junho de 2003; Disponível em:
<http://www.rm cet.com/lib/E-Books/Mechauto/Engineering%20Fundamentals%20of%20IC%20Engines%20%28WW%20Pulkrabek%29.pdf> Acesso em: 11/05/2022.

[10] HEYWOOD, J. B. **Internal combustion engine fundamentals**. New York McGrawhill, 1988.

[11] MARTINS, J. **Motores de Combustão Interna**. 4ª edição. Edições Técnicas, Publindustrias. 2013.

- [12] BOSCH, R. **Manual de Tecnologia Automotiva**. 25ª ed. São Paulo: Ed. Blucher. 2005. 1232p.
- [13] LUZ, M. L. G. S. **Apostila de motores a combustão interna**. Universidade Federal de Pelotas. 2013. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/mlaura/2013/01/14/apostila-de-motores-a-combustao-interna/>. Acesso em: 11/05/2022.
- [14] BRUNETTI, F. **Motores de Combustão Interna**. Volume I. Editora Blucher. 2012.
- [15] TILLMANN, C. A. C. **Motores de combustão interna e seus sistemas**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense, Campus Pelotas-Visconde da Graça. 2013. Disponível em: https://conaenge.com.br/wpcontent/uploads/2018/05/motores_combustao_interna_e_seus_sistemas-2013.pdf. Acesso em: 11 de maio de 2022.
- [16] BARRIENTOS, M. I. G., **Retrofit de edificações: um estudo de reabilitação e adaptação das edificações antigas às necessidades atuais**. 2004. 262p. Dissertação (Mestrado em Ciências- Área de Arquitetura) - Curso de Pós-graduação em Arquitetura. UFRJ. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/1652/4/650378.pdf>. Acesso em: 23 de maio de 2022.
- [17] CIANCIARDI, G.; BRUNA, G. C. **Procedimentos de Sustentabilidade Ecológicos na Restauração dos Edifícios Citadinos**. Cadernos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, v.4, n. 1, p. 113-127, 2004. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/lasac/patrimonio5.pdf>. Acesso em: 22 de maio de 2022.
- [18] MORAES, V. T. F.; QUELHAS, O. L. G. **O desenvolvimento da metodologia e os processos de um "retrofit" arquitetônico**. Revista eletrônica SISTEMAS & GESTÃO, v. 7, n. 3, pp. 448-461, 2012. Disponível em: <https://www.revistasg.uff.br/sg/article/view/V7N3A13>. Acesso em: 21 de maio de 2022.
- [19] CROITOR, E. P. N. **A gestão de projetos aplicada à reabilitação de edifícios: estudo da interface entre projeto e obra**. 2009. 194p. Dissertação. (Mestrado em Engenharia- área de Construção Civil e Urbana) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-17042009-162021/pt-br.php>. Acesso em 20 de maio de 2022.
- [20] MORAES, V. T. F.; QUELHAS, O. L. G. **O desenvolvimento da metodologia e os processos de um "retrofit" arquitetônico**. Revista eletrônica SISTEMAS & GESTÃO, v. 7, n. 3, pp. 448-461, 2012. Disponível em: <https://www.revistasg.uff.br/sg/article/view/V7N3A13>. Acesso em: 21 de maio de 2022.
- [21] MCC. Melhoria Contínua Consultoria. LCC: Life Cycle Coast- O que é, como calcular e importância estratégica. Disponível em:

<https://www.melhoriacontinuemcc.com.br/?p=2551>. Acesso em: 08 de maio de 2022.

[22] ALUGAGERA. **Diferença entre motores do ciclo Otto e ciclo Diesel.**

Disponível em: <https://alugagera.com.br/noticias/diferencas-entre-motores-do-ciclo-otto-e-ciclo-diesel>. Acesso em 08 de maio de 2022.

[23] VARELLA, C. A. A. **Constituição dos motores.** Universidade Federal do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia. 2010. Disponível em:

http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT154_motores_e_tratores/Aulas/constituicao_dos_motores.pdf. Acesso em 10 de maio de 2022.

[24] SODRÉ, J. R.; COSTA, R. C.; DA SILVA, R. H. **Efeitos do Comprimento do Conduto de Admissão na Performance de um Motor de Combustão Interna.**

Cambuí: I Jornada Científica e VI FIPA do CEFET Cambuí, 2008. Disponível em:

https://www.bambui.ifmg.edu.br/jornada_cientifica/str/artigos_aprovados/Area%20de%20Mecanica/28-PT-2.pdf. Acesso em: 20 de maio de 2022.

[25] CANAL DA PEÇA. Motos 2 tempos e 4 tempos. Disponível em:

<https://canaldapeca.com.br/blog/motos-2-tempos-4tempos/>. Acesso em 13 de maio de 2022.

[26] FERGUSON C. R.; KIRPATRICK, A. T. **Internal combustion engines: applied thermosciences.** New York: John Wiley & Sons. 2015.

[27] MARTINS, G. **Motores de combustão interna.** 4ª edição. Porto: Publindústria 2013.

[28] PEREIRA, J. **Motores e geradores: princípio de funcionamento, instalação e manutenção de grupos diesel geradores.** 2009. Disponível em:

http://www.joseclaudio.eng.br/grupos_geradores_1.html. Acesso em: 15 de maio de 2022.

[29] SERRANO, L. M. V. **Análise comparativa do desempenho de motores de combustão interna quando utilizam biocombustíveis.** 2012. 281p. Tese

(Doutorado em Engenharia Mecânica- área de Aerodinâmica) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica. Universidade de Coimbra, Coimbra.

Disponível em: <https://iconline.ipleiria.pt/handle/10400.8/752>. Acesso em: 12 de maio de 2022.

[30] ATKINS, R. D. **An introduction to engine testing and development.**

Warrendale: SAE International. 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4271/R-344>. Acesso em: 17 de maio de 2022.

[31] MARTYR, A. J.; PLINT, M. A. **Engine testing: theory and practice.** Boston: Elsevier. 2011.

[32] MARTYR, A. J.; PLINT, M. A. **Engine testing: theory and practice.** Boston: Elsevier. 2012.

[33] FOGAÇA, P.; SECUNDINO, L. H. C. N.; CESAR, J. H.; MANÉA, F. **O processo Cold Test nos motores diesel.** In Anais do XXI Simpósio de

Engenharia de Produção. Bauru: Unesp. 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/320273262_O_PROCESSO_COLD_TEST_NOS_MOTORES_DIESEL. Acesso em: 16 de maio de 2022.

[34] MUDGE, R. K.; RICE, E. E. (1984). US Patent No. 4,448,063. Washington: U.S. Patent and Trademark Office.

[35] SCOURTES, G., GAGNEUR, J. P.; YUSH, E. (1994). US Patent No. 5,355,713. Washington: U.S. Patent and Trademark Office.

[36] GAGNEUR, J. **Improving diesel engine cold testing diagnostic capabilities**. Michigan: Diesel Progress North American Edition, Diesel and Gas Turbine Publications, Gale Group. 1999. Disponível em: <https://www.thefreelibrary.com/Improving+diesel+engine+cold+testing+diagnostic+capabilities-a057044386>. Acesso em: 12 de maio de 2022.

[37] THYSSEN KRUPP. **System engineering, station cold test and repair PC**. Bremen: Thyssenkrupp System Engineering GmbH. 2011.

[38] DELVECCHIO, S.; DALPIAZ, G.; NICULITA, O.; RIVOLA, A. **Condition monitoring in diesel engines for cold test applications**. Part I: vibration analysis for pass/ fail decision. In Proceedings of the 20th International Congress & Exhibition on Condition Monitoring and Diagnostic Engineering Management. Portugal. 2007. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/1-CONDITION-MONITORING-IN-DIESEL-ENGINES-FOR-COLD-.Delvecchio-Niculita/85f14f1429647e7a165aa29c68e1042e04907473>. Acesso em: 10 de maio de 2022.

[39] DELVECCHIO, S. **On the use of wavelet transform for practical condition monitoring issues**. Croatia: InTech Open Access Publisher. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5772/35964>. Acesso em: 14 de maio de 2022.

[40] FOGAÇA, P.; SOUZA, L.D.; MANEA, F. **Comparação entre os processos de Cold Test e Hot Test em uma empresa fabricante de motores diesel**. Gest. Prod., São Carlos, v. 25, n. 2, p. 343-353, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X3094-16>. Acesso: 13 de maio de 2022.