

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DE
ELEVADOR DE CREMALHEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

por

Diohrge Ronan Vieira Sousa

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Engenheiro Mecânico.

Porto Alegre, dezembro de 2010.



Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Departamento de Engenharia Mecânica

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DE
ELEVADOR DE CREMALHEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

por

Diohrge Ronan Vieira Sousa

ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA COMO PARTE DOS
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
ENGENHEIRO MECÂNICO
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA DO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Walter Jesus Paucar Casas
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

Área de Concentração: **Projeto e Fabricação**

Orientador: Prof. Joyson Luiz Pacheco

Comissão de Avaliação:

Prof. Flavio José Lorini

Prof. Ney Francisco Ferreira

Prof. Rodrigo Rossi

Prof. Vilson João Batista

Porto Alegre, 03 de dezembro de 2010.

An investment in knowledge pays the best interest.

Um investimento em conhecimento paga os melhores juros.

Benjamin Franklin

SOUSA, D. R. V. **Análise da Viabilidade Econômica do Uso de Elevador de Cremalheira na Construção Civil**. 2010. 32 folhas. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

RESUMO

O elevador de cremalheira é um equipamento que está sendo introduzido na construção civil brasileira e representa uma alternativa ao elevador de obras convencional movido pela ação de cabos. Embora estes equipamentos possuam a mesma finalidade, há diferenças bastante significativas quanto ao princípio de funcionamento, aos custos, a segurança e a eficiência de operação. A escolha pelo equipamento que oferece a melhor relação entre custos e benefícios requer a análise de diversos fatores, o que torna a tarefa bastante complexa. Considerando que o aspecto econômico é muito influente nesta tomada de decisão, a metodologia desenvolvida aborda também outros aspectos através de suas respectivas influências econômicas. É demonstrado neste trabalho que, apesar de apresentar um custo inicial maior, o elevador de cremalheira representa a melhor alternativa de investimento para um determinado perfil de construtoras e para locadoras de equipamentos e máquinas para a construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: Elevador de Cremalheira; Transporte Vertical na Construção Civil; Comparação entre Elevadores de Obra; Análise de Investimento em Equipamentos.

SOUSA, D. R. V. **Analysis of the Economic Viability of Using Rack and Pinion Elevator in Construction**. 2010. 32 folhas. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

ABSTRACT

The rack and pinion elevator is an equipment that is being introduced in the Brazilian construction industry and represents an alternative to wire rope elevator moved by the action of cables. Although these equipments have the same purpose, there are very significant differences on the principle of operation, costs, safety and operation efficiency. The choice of equipment that offers the best balance between costs and benefits requires an analysis of various factors, which makes the task very complex. Whereas the economics is very influential in this decision, the methodology developed also broaches others aspects through their respective economic influences. It is demonstrated in this paper that, although it has a higher initial cost, the rack and pinion elevator represents the best investment alternative for a certain profile of construction and agencies rental of equipment and machinery for construction.

KEYWORDS: Rack and Pinion Elevator, Vertical Transportation in Construction; Comparison with Wire Rope Elevator; Analysis of Investment in Equipments.

ÍNDICE

	Pág.
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3.1 Segurança do Trabalho na Indústria da Construção	3
3.2 Transporte Vertical de Canteiro de Obras	4
3.3 Investimentos em Equipamentos para a Construção Civil	5
4. CÁLCULO DE VIABILIDADE DO ELEVADOR DE CREMALHEIRA	6
4.1 Viabilidade de Aquisição por Construtora	6
4.2 Viabilidade de Locação do Equipamento	8
4.3 Viabilidade de Aquisição por Locadora	10
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
5.1 Aquisição por Construtora	12
5.2 Locação por Construtora	13
5.3 Aquisição por Locadora	14
6. CONCLUSÕES	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16
Apêndice I – Informações Básicas sobre Elevador a Cabo	17
Apêndice II – Informações Básicas sobre Elevador de Cremalheira	21
Apêndice III - Quadro Comparativo entre os Elevadores	24
Apêndice IV - Comparativo de Especificações	25
Apêndice V - Valores Médios de Mercado utilizados para Análise de Viabilidade	26
Apêndice VI - Planilhas para Cálculo de Viabilidade	27

1. INTRODUÇÃO

Na última década, o governo brasileiro investiu em políticas econômicas e em programas sociais que propiciaram ao setor da construção civil um período de grande crescimento. Ao reduzir juros e fornecer subsídios para a aquisição de novos imóveis, a população aumenta a demanda por este produto. Para atender esta demanda, as construtoras empregam mais pessoas e, empregadas, estas pessoas passam a consumir mais, inclusive imóveis. Neste processo cíclico, o governo tem obtido êxito em realizar as intermediações necessárias para manter a aceleração do setor proporcionando acesso ao crédito às construtoras, através dos bancos públicos. Conforme figura 1.1, a evolução do mercado imobiliário em Porto Alegre também é observada nas outras grandes cidades do país.

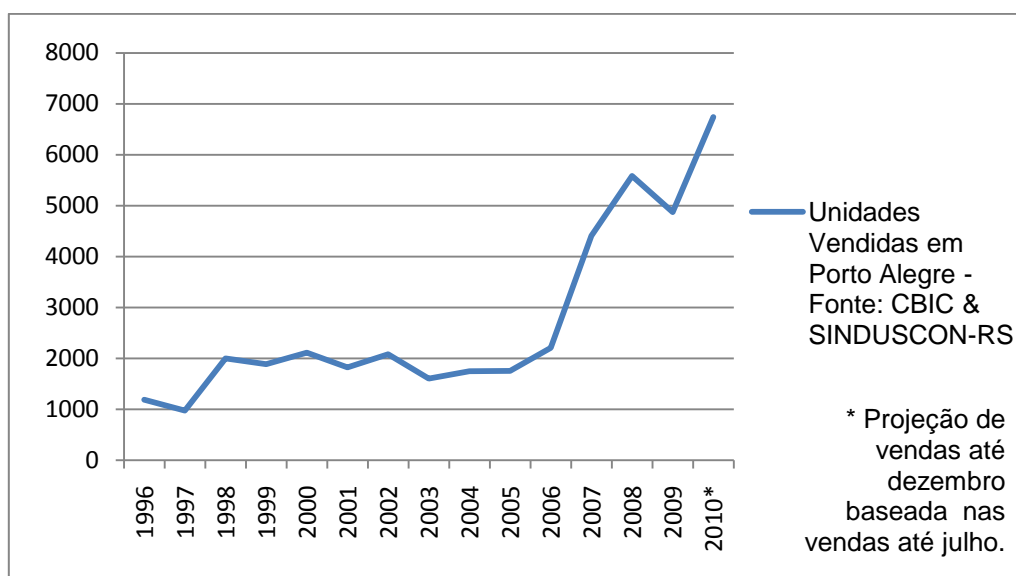


Figura 1.1 - Evolução do Mercado Imobiliário em Porto Alegre.

Neste cenário positivo e próspero, os canteiros de obras espalham-se pelo país em ritmo acelerado e outros setores que estão diretamente ligados também são beneficiados, como a indústria de máquinas e equipamentos para a construção civil e a prestação de serviços de locação destes equipamentos. Pois, apesar do excelente momento, as construtoras estão dispostas a investir em equipamentos que as mantenham competitivas.

As construções de grande elevação predominam nas cidades mais povoadas e os equipamentos de transporte vertical são imprescindíveis para a realização das mesmas. Estes equipamentos precisam atender requisitos mínimos para cumprir com eficácia sua função e não ocasionar acidentes no canteiro de obras. Contudo busca-se utilizar os melhores e mais adequados equipamentos existentes no mercado para reduzir os prazos e custos, para aumentar a qualidade do produto final e do processo de construção. Nesta tendência de atender determinadas necessidades com a melhor tecnologia disponível, uma das novidades na construção civil brasileira é o elevador movido pela ação de pinhão e cremalheira.

Embora exista histórico de sua utilização desde o final do século XIX, o elevador de cremalheira passou a ser amplamente utilizado em alguns países somente na metade do século XX. No Brasil, os primeiros modelos foram fabricados a partir de 1980 e a sua utilização na construção civil se popularizou somente a partir do ano 2000, onde sua participação no mercado ainda é pequena diante o predomínio do elevador de obras movido pela ação dos cabos. Contudo, entre estes equipamentos que o mercado está disposto a investir, o elevador de cremalheira merece destaque ao representar um avanço tecnológico significativo em relação ao elevador de obras convencional, pois proporciona maior eficiência no transporte vertical e maior segurança no canteiro de obra.

Na construção civil brasileira, o elevador movido pela ação de cabos é utilizado na grande maioria das obras, pois possui aceitação pela legislação trabalhista e seu custo inicial é consideravelmente menor que o valor pago pelo elevador de cremalheira. Portanto, observa-se que o preço de aquisição é o principal critério para basear a decisão sobre qual modelo deve ser utilizado para uma determinada obra. Contudo, a utilização de apenas este critério poderá proporcionar uma decisão equivocada sobre o equipamento ideal para as características de uma determinada construção ou para o perfil de construções realizadas por uma determinada empresa.

Considerando que o equipamento escolhido será utilizado em diversas obras e que cada uma possui suas próprias características, a complexidade desta escolha é atenuada por aspectos que restringem as edificações a características similares, tais como:

- Legislação Municipal - aspectos culturais e a concentração populacional de uma região determinam a necessidade de que construções atendam a padrões estabelecidos em um Plano Diretor, impedindo projetos com características demasiadamente inusitadas.

- Perfil da Construtora - o mercado consumidor é dividido em segmentos que possuem necessidades e interesses diferentes dos demais e, na construção civil, as construtoras procuram construir imóveis para atender as necessidades de um determinado segmento; o que cria uma tendência de uma empresa optar sempre por construções com características semelhantes para atender os padrões daquela fatia do mercado.

Considerando que os elevadores possuem princípios de funcionamento e sistemas produtivos diferentes, também haverá desempenho diferente nos seguintes aspectos:

- Custo - cada equipamento oferece um custo fixo, que envolve principalmente o gasto com a aquisição, e custos variáveis que dependerão do tempo e características da construção, tais como: instalação, manutenção e operação.

- Investimento - o custo associado à vida útil do equipamento e aos benefícios durante este período precisa ser coerente com a disponibilidade financeira da empresa e as possibilidades oferecidas pelo mercado de crédito e de aplicações.

- Segurança - apesar da existência de normas que estabelecem critérios mínimos para este tipo de equipamento, os modelos oferecem recursos diferentes que estão associados aos seus respectivos princípios de funcionamento e sistemas produtivos.

- Eficiência - as características de cada equipamento associadas às características de uma construção proporcionam diferentes níveis de operacionalidade e produtividade.

2. OBJETIVOS

Inicialmente, o objetivo deste trabalho foi analisar as características do elevador de cremalheira para a utilização na construção civil. Em seguida, diante a dificuldade de inserção do equipamento em alguns mercados, tornou-se necessário estabelecer uma metodologia apropriada para selecionar o modelo adequado para cada caso. Esta metodologia precisava reconhecer que o aspecto econômico possui bastante influência sobre a escolha do equipamento, portanto precisava converter os demais aspectos envolvidos na escolha para suas respectivas influências sobre o desempenho econômico das decisões possíveis para cada situação e, posteriormente, comparar os desempenhos destas e indicar qual é a melhor decisão para a situação analisada. A locação do elevador de cremalheira, que é uma das grandes tendências no mercado nacional, também precisava ser abrangida pela metodologia para que fossem feitas as análises de viabilidade para o locatário e para investimento do locador. E para facilitar a aplicação do estudo, outro objetivo estabelecido foi elaborar um recurso interativo onde os dados fornecidos sobre as características da construção, da construtora ou de disponibilidade financeira poderiam ser processados, de acordo com a metodologia desenvolvida, para os principais casos na construção civil onde é necessário um estudo sobre a viabilidade de utilização do elevador de cremalheira.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para elaborar uma metodologia de seleção do modelo de elevador adequado para cada situação, foi necessário realizar uma ampla pesquisa sobre os aspectos que podem estar envolvidos em cada uma destas situações. Resumidamente, os aspectos que se mostraram mais relevantes para o desenvolvimento do trabalho estão divididos nos três tópicos a seguir.

3.1. Segurança do Trabalho na Indústria da Construção

Em 1975, a ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas elaborou uma norma que estabelece condições mínimas que devem ser observadas no projeto e execução de elevadores para canteiros de segurança para obras de construção civil. Até mesmo pela época em que foi elaborada, a NB-233 prevê apenas o modelo convencional de elevador de obras, movido pela ação de cabos. E, ao contrário da NR-18, que foca em situações de trabalho, muito pouco do que está estabelecido na NB-233 pode ser estendido ao elevador de cremalheira, visto que o princípio de funcionamento e o sistema produtivo são diferentes.

No Brasil, o Ministério do Trabalho e Emprego elabora Normas Regulamentadoras que estabelecem diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e de organização e que implementam medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no ambiente de trabalho nos diferentes setores. E a última versão da Norma Regulamentadora Nº 18, que está em vigor desde a sua publicação no Diário Oficial da União, em 07 de julho de 1995, está dirigida especificamente à indústria da construção, regulamentando a segurança e as condições de trabalho nos canteiros de obras. Periodicamente, com a emissão de portarias do MTE que possuam abrangência sobre o tema, há alterações em na norma. No capítulo 14 da NR-18, onde assunto tratado é a movimentação e transporte de materiais e pessoas, há referências para o elevador convencional e que podem ser estendidas ao elevador de cremalheira. Contudo, é preciso rever diversos tópicos que não abrangem algumas características deste novo modelo ou que tornam vantagens operacionais do modelo em infração ao disposto nesta NR. Como exemplo, é possível citar o item 18.14.23.2, alterado pela Portaria SSST Nº 20, de 17 de abril de 1998, onde “fica proibido o transporte simultâneo de carga e passageiros no elevador de passageiros”. No elevador de cremalheira, o operador fica na cabine, acompanha a carga e pode auxiliar a carregar e descarregar o equipamento.

Em 2001, a FUNDACENTRO apresentou a Recomendação Técnica de Procedimentos sobre Movimentação e Transporte de Materiais e Pessoas - Elevadores de Obras, visando subsidiar as empresas, profissionais e governo no cumprimento da norma. A RTP-02, embora com poucas informações, é o primeiro documento oficial no Brasil a mencionar o elevador de cremalheira e reconhece o modelo como um elevador destinado ao transporte misto de cargas e passageiros, desde que em compartimentos separados e respeitando o limite máximo de peso especificado pelo fabricante.

Para atender a NR-18, os elevadores de obra convencionais tornaram-se mais seguros ao incorporar novos dispositivos de frenagem e reconhecimento de limites dos pavimentos. No entanto, seu padrão de segurança ainda é inferior ao do elevador de cremalheira que, através de seu sistema produtivo seriado, dispõe de recursos bastante precisos como: freio de ação centrífuga acionado quando a velocidade ultrapassa um limite preestabelecido, sensor que verifica a continuidade da cremalheira no percurso, sensor que garante que o elevador pare somente estando nivelado com o pavimento e sensor para excesso de carga, entre outros dispositivos.

Outro fator que pode influenciar é a conscientização dos empresários do setor, que podem estar dispostos a oferecer aos seus operários uma segurança maior do que a prevista em legislação, apesar do custo que essa atitude pode representar.

3.2. Transporte Vertical de Canteiros de Obras

No planejamento do canteiro é necessário estabelecer como será realizado o transporte de materiais e operários para os pavimentos superiores assim que eles forem surgindo. Neste planejamento, são definidos os equipamentos que serão utilizados e a disposição dos mesmos a fim de garantir que o sistema de transporte vertical não seja um gargalo da produção, o que ocasionaria atrasos e, conseqüentemente, redução dos lucros. Gruas, andaimes, elevadores de carga e de passageiros compõem esse sistema de transporte vertical e a escolha por um equipamento mais eficiente em uma das funções pode reduzir a utilização dos demais componentes do sistema. Portanto, é necessário analisar o funcionamento de cada equipamento e, de acordo com o fluxo esperado, selecionar aqueles que irão compor um sistema de transporte vertical que atenda o fluxo com a melhor relação entre custo e benefício.

O elevador a cabo consiste em uma torre, em cujo interior se move uma cabine, tracionada por um cabo de aço, que se enrola no carretel de um guincho, movido por um motor elétrico. A rotação do motor se transmite ao carretel por intermédio de um sistema de transmissão que pode ser composto por engrenagens e correias. Há um sistema de polias, em que uma fica na cabine e outra, no topo da torre, de forma que o peso da cabine é dividido por dois, diminuindo assim a tensão no cabo e a força a ser feita pelo guincho. Há ainda outras duas polias, com função apenas de mudar a direção do cabo. Este equipamento é extremamente versátil e, se todas as normas de segurança forem atendidas, apresenta capacidade para cargas de até uma tonelada a um custo bastante atraente.

O elevador de cremalheira consiste em uma cabine onde está instalado um motor elétrico e um sistema de redução que fazem um pinhão girar sobre uma cremalheira instalada ao longo do comprimento da torre. Dentro da cabine, o operador manipula as ações do elevador, seja para subida, descida, nivelamento de andar e, em caso de emergência, a paralisação total do equipamento. O quadro de comando, que também está na cabine, interpreta os comandos do operador, através de uma célula (Mini CLP), e envia os sinais para funcionamento dos mecanismos do sistema de tracionamento e de freios. Atualmente, há equipamentos para cargas de até quatro toneladas e há também a possibilidade de utilização de duas cabines por torre. Recentemente, foi lançado um elevador de cremalheira integrado a uma mini-grua, ambos compartilham a mesma torre. Também já está disponível um andaime fachadeiro que utiliza o sistema de pinhão e cremalheira. Essas novas funções encontradas para a torre do elevador de cremalheira ainda precisam ser aperfeiçoadas, mas demonstram que o sistema de transporte vertical de uma obra pode ser configurado com equipamentos integrados, proporcionando os mesmos recursos com custos menores.

Nos Apêndices I e II, há detalhamentos de cada tipo de elevador. Nos Apêndices III e IV, há comparativos entre o modelo movido pela ação de cabos e o modelo movido pela ação de pinhão e cremalheira.

Um equipamento na construção civil é valorizado conforme sua capacidade de atender a relação entre dimensões da construção e o prazo estabelecido para a conclusão da mesma. Em algumas cidades, o Plano Diretor permite construções mais elevadas e, para não perder competitividade, o prazo estipulado para conclusão não é maior que o prazo para construções menores, portanto utilizar um equipamento mais eficiente nestes casos pode ser extremamente vantajoso. Contudo, o Plano Diretor de algumas cidades delimita a altura máxima ao um patamar que a utilização de um equipamento mais eficiente não vai representar uma vantagem significativa sobre o concorrente que usa um equipamento com tecnologia inferior.

A industrialização na construção civil não vai muito além da racionalização do canteiro no sentido de evitar perdas de recursos, mas já estão surgindo tendências que exigirão um sistema de transporte vertical capaz de transportar conjuntos montados em linha de produção, ou seja, precisará erguer cargas maiores e com cuidado para não danificar aquele que já é um ambiente pronto de um apartamento.

3.3. Investimentos em Equipamentos para a Construção Civil

Para comparar os investimentos em dois equipamentos que possuem custos e características diferentes, serão considerados conceitos de matemática financeira e engenharia econômica utilizados por Hirschfeld, 2000, onde cada equipamento possui um fluxo de caixa, que é uma representação gráfica do conjunto de entradas (receitas) e saídas (despesas) relativo a certo intervalo de tempo. Em seguida, é necessário estabelecer relações de equivalência que permitam a obtenção de fluxos de caixa que se equivalem no tempo. Existem três métodos exatos, equivalentes e que indicam sempre a mesma alternativa de investimento. O método a ser utilizado para avaliação do investimento irá depender das características da situação analisada.

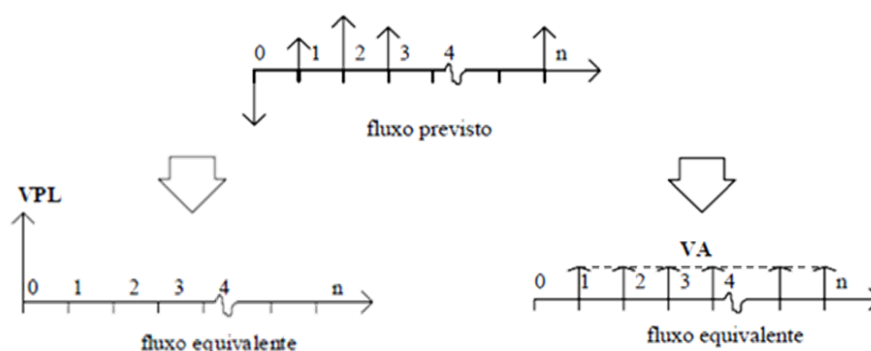


Figura 3.1 - Diagramas de Fluxo de Caixa

3.3.1 Método do Valor Presente Líquido

Este método caracteriza-se, essencialmente, pela transferência para o instante presente de todas as variações de caixa esperadas. Em outras palavras, seria o transporte para a data zero de um diagrama de fluxos de caixa, de todos os recebimentos e desembolsos esperados, descontados à taxa de juros considerada. Se o valor presente for positivo, a proposta de investimento é atrativa, e quanto maior o valor positivo, mais atrativa é a proposta.

3.3.2 Método do Valor Anual Uniforme

Este método caracteriza-se pela transformação de todos os fluxos de caixa do projeto considerado, numa série uniforme de pagamentos, indicando desta forma o valor do benefício líquido, por período, oferecido pela alternativa de investimento. Como geralmente, em estudos de engenharia econômica a dimensão do período considerado possui magnitude anual, foi convencionada a adoção da terminologia Valor Anual.

3.3.3 Método da Taxa Interna de Retorno

A Taxa Interna de Retorno de um projeto é uma taxa de juros para a qual o valor presente das receitas torna-se igual aos desembolsos. Isto significa dizer que a TIR é aquela que torna nulo o valor presente líquido do projeto. Pode ainda ser entendida como a taxa de remuneração do capital. A TIR deve ser comparada com a Taxa Mínima de Atratividade para a conclusão a respeito da aceitação ou não do projeto. Uma TIR maior que a TMA indica que o projeto é atrativo; se for menor, o projeto analisado passa a não ser mais interessante.

A TMA é a taxa a partir da qual o investidor considera que está obtendo ganhos financeiros. Existem grandes controvérsias quanto a como calcular esta taxa, pois pode ser considerado equivalente à maior rentabilidade das aplicações correntes e de pouco risco ou pode ser considerada como o custo de capital investido na proposta em questão.

4. CÁLCULO DE VIABILIDADE DO ELEVADOR DE CREMALHEIRA

Para simplificação dos cálculos, os juros serão considerados para períodos anuais e serão desconsiderados para cálculos referentes a uma mesma obra, independente da sua duração. Tal simplificação pode ser aceita em virtude da duração média de uma obra ser de aproximadamente um ano.

Para utilização da metodologia, alguns dados considerados serão baseados em estatísticas e valores médios de um grupo de equipamentos, portanto a imprecisão dos resultados obtidos dependerá da qualidade dos dados utilizados.

4.1. Viabilidade de Aquisição por Construtora

A aquisição de um elevador de cremalheira por uma construtora somente será viável se o custo total de sua utilização em um determinado período for inferior ao custo total da utilização de elevadores convencionais para o mesmo período. Conforme fórmula abaixo:

$$C_{t,cr} < C_{t,cabo} \quad (4.1)$$

onde o termo $C_{t,cr}$ representa o custo total da utilização do elevador de cremalheira para o período t e o termo $C_{t,cabo}$ representa o custo total da utilização do elevador convencional para o mesmo o período t . Contudo, considerando que a vida útil de cada equipamento pode ser diferente, a comparação será facilitada se for estabelecido um custo anual para a utilização de cada modelo. Conforme fórmula abaixo:

$$C_{anual,cr} < C_{anual,cabo} \quad (4.2)$$

onde o termo $C_{anual,cr}$ representa o custo total anual da utilização do elevador de cremalheira e o termo $C_{anual,cabo}$ representa o custo total anual da utilização do elevador convencional.

4.1.1. Capacidade de Carga Individual Equivalente

Para o primeiro cenário, estabelece-se que a construtora possui obras onde não será necessário mais que um elevador convencional por edificação e que os modelos possuem capacidades equivalentes de carga.

Para estabelecer o custo anual de cada equipamento é preciso calcular o custo anual com a aquisição e os custos operacionais que variam de acordo o fluxo de obras da construtora e as características das construções. Conforme fórmula abaixo:

$$C_{anual} = C_{anual,aq} + C_{anual,op} \quad (4.3)$$

onde o termo $C_{anual,aq}$ representa o custo anual com a aquisição do elevador e o termo $C_{anual,op}$ representa o custo anual médio com a instalação ou montagem em cada obra, as manutenções, salário e encargos do operador. O consumo de energia não será considerado, pois é similar para ambos os modelos.

$$C_{anual,aq} = \frac{V_{compra}}{FVA_{su}} \quad (4.4)$$

onde o termo V_{compra} representa o valor do equipamento para compra à vista e o termo FVA_{su} representa o Fator de Valor Atual para uma série uniforme.

$$FVA_{su} = \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n} \quad (4.5)$$

onde o termo i representa a taxa de juros anual e o termo n representa a vida útil do equipamento (em anos).

$$C_{anual,op} = C_{operador} + \left[\left(\frac{12}{N_o + N_p} \right) \times C_{obra} \right] \quad (4.6)$$

onde o termo $C_{operador}$ representa o custo anual com salário do operador e encargos sociais, N_o representa a duração média de cada obra (em meses), N_p representa o período médio de meses em que o equipamento ficará ocioso (entre uma obra e outra) e o termo C_{obra} representa o custo médio por obra com instalação e manutenções.

$$C_{operador} = \left[\left(\frac{12}{N_c} \right) \times S (1 + i_{es}) \right] \quad (4.7)$$

onde o termo N_c representa o número médio de meses em que o operador estará contratado (supondo que poderá ser demitido se o período de ociosidade for relevante), S representa o salário médio mensal do operador e o termo i_{es} representa o percentual médio sobre o valor do salário que será destinado ao pagamento de encargos sociais e trabalhistas (este percentual varia se a empresa é optante ou não pelo 'Simples' e se o funcionário é mensalista ou sua remuneração é feita sobre as horas trabalhadas).

$$C_{obra} = C_{inst} + (n_{mr} \times C_{mr}) + (n_{mnp} \times C_{mnp}) \quad (4.8)$$

onde o termo C_{inst} representa o custo médio para instalação do equipamento em cada obra, o termo n_{mr} representa o número médio de manutenções de rotina durante uma obra, o termo C_{mr} representa o custo médio de cada manutenção de rotina, o termo n_{mnp} representa o número médio de manutenções não previstas durante uma obra (estimativa de interrupções de funcionamento), e o termo C_{mnp} representa o custo médio com estas manutenções não previstas (estimado pelas falhas mais usuais). O elevador convencional possui outros custos que devem ser somados à equação 4.8, conforme segue:

$$C_{obra,cabo} = C_{inst} + (n_{mr} \times C_{mr}) + (n_{mnp} \times C_{mnp}) + C_{rp} + C_{adpt} \quad (4.9)$$

onde o termo C_{rp} representa o custo médio para o projeto de adaptação do sistema preexistente para a obra em que o elevador convencional será reutilizado e o C_{adpt} representa o custo médio desta adaptação. Esta readaptação influenciará na vida útil do equipamento. Portanto:

$$n_{cabo} = \left(\frac{12}{N_o + N_p} \right) \times (1 + N_{readpt}) \quad (4.10)$$

onde o termo N_{readpt} representa o número médio de readaptações que o equipamento poderá sofrer durante sua vida útil.

4.1.2. Equivalência entre Diferentes Capacidades de Carga

Para o segundo cenário, considera-se que a construtora possui obras onde será necessário mais que um elevador convencional por edificação e que o modelo de cremalheira possui como diferencial a possibilidade de escolher um equipamento com capacidade de carga maior. Nesta situação, a comparação estabelecida através da inequação 4.2 deverá sofrer o seguinte ajuste:

$$C_{anual,cr} < [(1 + i_{ogp}) \times C_{anual,cabo}] \quad (4.11)$$

onde o termo i_{ogp} representa o percentual médio de obras onde será necessário dois elevadores convencionais ou um elevador de cremalheira com maior capacidade.

4.1.3. Influência de Fatores Subjetivos

A construtora também pode estabelecer, de forma subjetiva, percentuais sobre o custo do equipamento para avaliar aspectos subjetivos que considera importantes para sua filosofia de trabalho. Por exemplo, se a construtora considerar o modelo de cremalheira mais seguro e mais eficiente, a comparação estabelecida através da inequação 4.11 deverá sofrer o seguinte ajuste:

$$\left[\frac{1}{(1+F_S) \times (1+F_E)} \right] \times C_{anual,cr} < [(1 + i_{ogp}) \times C_{anual,cabo}] \quad (4.12)$$

onde o termo F_S representa o percentual sobre o custo total que a construtora está disposta a investir no equipamento que oferece mais segurança e o termo F_E representa o percentual sobre o custo total que a construtora está disposta a investir no equipamento que oferece mais eficiência.

4.2. Viabilidade de Locação do Equipamento

Há construtoras que possuem um fluxo de obras menos estável e, conseqüentemente, incertezas quanto à aquisição de um equipamento que exige um período longo para pagamento (financiamento) ou diluição do custo inicial. Para atender a demanda destas empresas, algumas fábricas de elevador de cremalheira criaram um serviço de locação do equipamento. Em seguida, empresas especializadas em locação de máquinas para construção civil passaram a investir no item para também oferecê-lo aos seus clientes.

A viabilidade neste caso é obtida ao comparar o custo de locação do elevador de cremalheira com o custo médio da utilização do elevador convencional.

$$C_{loc,cr} < C_{tob,cabo} \quad (4.13)$$

onde o termo $C_{loc,cr}$ representa o custo total com o contrato de locação do elevador de cremalheira para uma obra e o termo $C_{tob,cabo}$ representa o custo médio total da utilização do elevador convencional para uma obra.

$$C_{loc,cr} = (N_L \times C_{mens.loc}) + C_{adic.loc} \quad (4.14)$$

onde o termo N_L representa o número de meses em que o elevador de cremalheira estará a disposição da obra (conforme contrato de locação), o termo $C_{mens.loc}$ representa o valor mensal pago pelo equipamento e o termo $C_{adic.loc}$ representa os custos adicionais previstos no contrato de locação (poderão ser cobradas taxas adicionais para instalação do equipamento, para manutenções periódicas,...).

O custo médio total para utilização de elevador convencional por obra pode ser obtido através de uma proporção do valor obtido na equação 4.3, conforme abaixo:

$$C_{tob,cabo} = \left(\frac{(N_O + N_P)}{12} \right) \times C_{anual,cabo} \quad (4.15)$$

lembrando que o termo N_O representa a duração média de cada obra (em meses) e o termo N_P representa o número médio de meses em que o equipamento ficará ocioso.

Para a comparação presente na inequação 4.13, também podemos utilizar os ajustes das inequações 4.11 e 4.12, conforme abaixo:

$$\left[\frac{1}{(1+F_S) \times (1+F_E)} \right] \times C_{loc,cr} < [(1 + i_{ogp}) \times C_{tob,cabo}] \quad (4.16)$$

lembrando que o termo i_{ogp} representa o percentual médio de obras onde será necessário dois elevadores convencionais ou um elevador de cremalheira com maior capacidade, o termo F_S representa o percentual sobre o custo total que a construtora está disposta a investir no equipamento que oferece mais segurança e o termo F_E representa o percentual sobre o custo total que a construtora está disposta a investir no equipamento que oferece mais eficiência.

4.3 Viabilidade de Aquisição por Locadora

A abordagem da aquisição de um elevador de cremalheira por construtoras e locadoras é diferente porque a primeira procura por equipamentos que proporcionarão redução nos custos de uma obra e a segunda procura equipamentos que proporcionarão lucros sobre o valor investido na aquisição do mesmo.

4.3.1 Aquisição à Vista

O elevador de cremalheira é um equipamento com alto custo inicial e, para uma locadora decidir adquiri-lo à vista, é necessário comparar o retorno que terá com a sua locação e o retorno médio em outros tipos de investimento.

Considerando que locadoras trabalham com investimentos, a análise mais adequada para este caso se dá através do Método da Taxa Interna de Retorno, onde a retorno do investimento é comparado com uma Taxa Mínima de Atratividade.

$$TIR_{t,cr} < TMA_t \quad (4.17)$$

onde o termo TIR_{cr} representa a Taxa Interna de Retorno com a locação do elevador de cremalheira durante o período t (em anos) e o termo TMA_t representa a Taxa Mínima de Atratividade durante o mesmo período de tempo, que será um percentual estipulado pela locadora de acordo com o lucro esperado com os equipamentos locáveis.

$$TIR_{t,cr} = \frac{V_{res,t} + L_{AAR,t}}{V_{compra}} \quad (4.18)$$

onde o termo $V_{res,t}$ representa o Valor Residual do equipamento após o período t e o termo $L_{AAR,t}$ representa o Lucro Anual Acumulado e Reinvestido durante o mesmo período de tempo, relembrando que V_{compra} representa o valor do equipamento para compra à vista.

$$V_{res,t} = V_{compra} \times (1 - i_{dv})^t \quad (4.19)$$

onde o termo i_{dv} representa o índice anual de desvalorização do equipamento. Considerando que o lucro anual será reinvestido em outros itens locáveis, pode-se considerar a seguinte formulação:

$$L_{AAR,t} = L_{anual} \times \left(\frac{(1 + TMA_{anual})^t - 1}{TMA_{anual}} \right) \quad (4.20)$$

onde o termo L_{anual} representa o Lucro Anual médio com a locação do elevador de cremalheira e o termo TMA_{anual} representa a Taxa Mínima de Atratividade durante o período de um ano.

Para obter o Lucro Anual médio deverá subtrair todos os custos do equipamento durante um ano do valor arrecadado com a locação do item livre de impostos sobre a receita.

$$L_{anual} = \left[\left(\frac{12}{N_L + N_{PL}} \right) \times R_{contr.loc} \times (1 - I_{RC}) \right] - C_{anual,op} \quad (4.21)$$

onde o termo $R_{contr.loc}$ representa a Receita média obtida com cada contrato de locação, o termo I_{RC} representa o percentual médio sobre a receita de cada contrato que será destinado a impostos e o termo N_{PL} representa o número médio de meses que o equipamento ficará ocioso entre uma locação e outra. Observado a equação 4.14, também pode ser obtido o valor para $R_{contr.loc}$, conforme abaixo:

$$R_{contr.loc} = C_{loc,cr} = (N_L \times C_{mens.loc}) + C_{adic.loc} \quad (4.22)$$

onde o termo $C_{loc,cr}$ representa o custo total com o contrato de locação do elevador de cremalheira para uma obra e o termo N_L representa o número de meses em que o elevador de cremalheira estará a disposição do locatário, o termo $C_{mens.loc}$ representa o valor mensal pago pelo equipamento e o termo $C_{adic.loc}$ representa os custos adicionais previstos em contrato.

O termo $C_{anual,op}$ é obtido através das equações 4.6 a 4.8, lembrando que na locação deste tipo de equipamento é usual a locadora se responsabilizar pela operação do mesmo e tal hábito beneficia ambas as partes. A inclusão deste serviço beneficia a locadora, porque o operador será capacitado para preservar o equipamento, o que diminuirá os custos com manutenção e aumentará a vida útil do item. E beneficia o locatário, porque além da redução de custos adicionais que podem estar previstos no contrato, não há vínculo empregatício com o operador.

4.3.2 Aquisição a Prazo

O financiamento é uma prática usual do mercado, onde o agente financeiro empresta o valor necessário para aquisição à vista de um determinado bem e cobrará o valor acrescido de correções e juros após um prazo ou em parcelas periódicas. Os juros e os prazos são preestabelecidos em contrato e o bem adquirido é a garantia de que o contrato será cumprido. Há inúmeras modalidades de financiamento para os mais diversos tipos de bens ou serviços. Normalmente a concorrência entre os agentes financeiros determina os valores para juros e prazos. Contudo, em determinados setores onde o governo tem interesse que os mesmos se desenvolvam mais rapidamente, há modalidades específicas de financiamentos através dos bancos públicos em que os valores para juros e prazos são mais atrativos.

Neste contexto, é possível verificar a viabilidade de aquisição do elevador de cremalheira através do Método do Valor Anual Uniforme, onde é possível analisar a viabilidade do investimento através do fluxo de caixa anual.

$$[(1 - I_{RC}) \times R_{anual,cr}] - C_{anual,crf} \geq L_{anual,min} \quad (4.23)$$

onde o termo $R_{anual,crf}$ representa a Receita média anual com a locação do elevador de cremalheira financiado e o termo $L_{anual,mín}$ representa o Lucro Anual mínimo esperado pela empresa com o equipamento. Lembrando que o termo I_{RC} representa o percentual médio sobre a receita que será destinada a impostos e que o termo $C_{anual,cr}$ representa o custo total anual da utilização do elevador de cremalheira.

$$R_{anual,cr} = \left[\left(\frac{12}{N_L + N_{PL}} \right) \times R_{contr.loc} \right] \quad (4.24)$$

relembrando que o termo $R_{contr.loc}$ representa a Receita média obtida com cada contrato de locação (equações 3.2 e 4.6), o termo N_L representa o número de meses em que o elevador de cremalheira estará a disposição do locatário e o termo N_{PL} representa o número médio de meses que o equipamento ficará ocioso entre uma locação e outra.

$$C_{anual,crf} = C_{anual,fin} + C_{anual,op} \quad (4.25)$$

onde o termo $C_{anual,fin}$ representa o valor pago anualmente pelo financiamento do elevador de cremalheira e o termo $C_{anual,op}$ é obtido através das equações 4.6 a 4.8.

$$C_{anual,fin} = \frac{V_{car}}{FVA_{su,fin}} \quad (4.26)$$

onde o termo V_{car} representa o valor do equipamento após o prazo de carência e o termo $FVA_{su,fin}$ representa o Fator de Valor Atual para série uniforme em financiamento com carência, alterando a equação 2.5 conforme abaixo:

$$FVA_{su,fin} = \frac{(1 + i_{fin})^{t_{pg}} - 1}{i \times (1 + i_{fin})^{t_{pg}}} \quad (4.27)$$

onde o termo i_{fin} representa a taxa de juros anual do financiamento e o termo t_{pg} representa o período em que o equipamento será pago após a carência (em anos).

$$V_{car} = V_{compra} \times (1 + i_{fin})^{t_{car}} \quad (4.28)$$

onde o termo t_{car} representa o período de carência, que é a quantidade de ano em que comprador começará a pagar o financiamento. Lembrando que o termo V_{compra} representa o valor de compra à vista do item.

Nos anos de carência e nos anos posteriores a quitação do financiamento, o custo anual com o pagamento do financiamento será nulo, conforme abaixo:

$$C_{anual,fin} = 0 \quad (4.29)$$

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para verificar a viabilidade do elevador de cremalheira através da metodologia desenvolvida no capítulo anterior deste trabalho, é necessário inserir valores para cada uma das variáveis envolvidas nos cálculos. Foram escolhidos os valores médios praticados na capital paulista, onde o elevador de cremalheira possui uma considerável participação nas construções de grande porte, disponíveis no Apêndice V.

5.1 Aquisição por Construtora

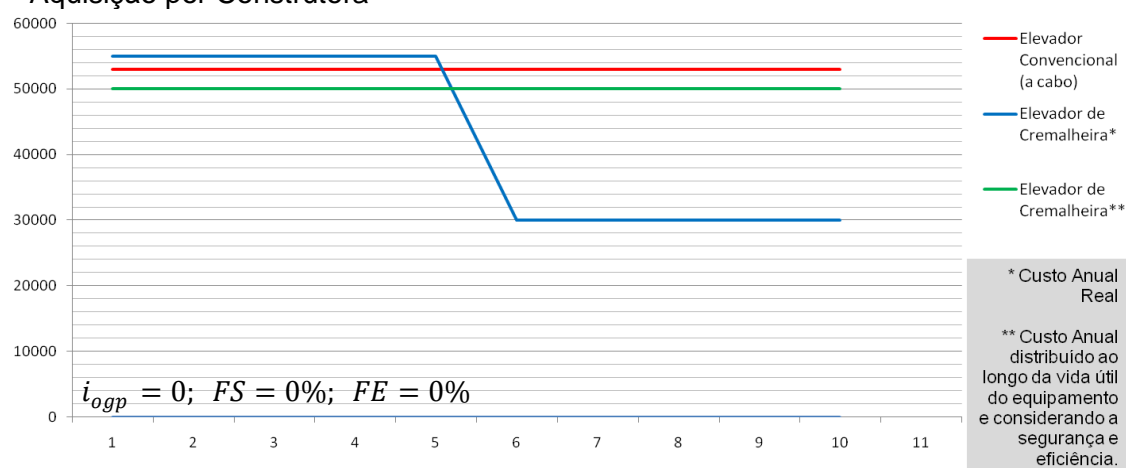


Figura 5.1 - Custo Médio Anual com Elevadores de Obra

Na figura 5.1 está representado o resultado para um cenário onde a construtora não precisaria mais que um elevador convencional por obra e não está disposta a investir mais por um equipamento mais seguro e mais eficiente. Apesar de representar um custo maior nos primeiros anos, enquanto quita o financiamento, o elevador de cremalheira apresenta um custo anual menor se a comparação for durante toda sua vida útil estimada.

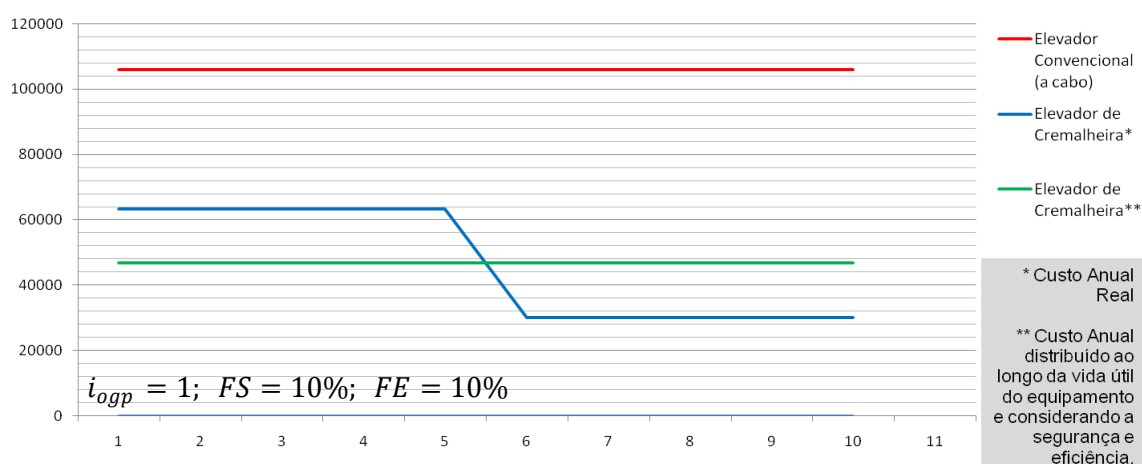


Figura 5.2 - Custo Médio Anual com Elevadores de Obra

Na figura 5.2 está representado o resultado para um cenário onde a construtora precisaria de dois elevadores convencionais por obra ou de um elevador de cremalheira com o dobro da capacidade, e também está disposta a investir mais por um equipamento mais seguro e mais eficiente. Mesmo enquanto está sendo quitado o financiamento, o custo anual do elevador de cremalheira representa apenas 60% do custo anual com os dois elevadores convencionais. Considerados os fatores de segurança e eficiência, o custo anual com elevadores convencionais será o dobro do custo anual com o elevador de cremalheira.

5.2 Locação por Construtora

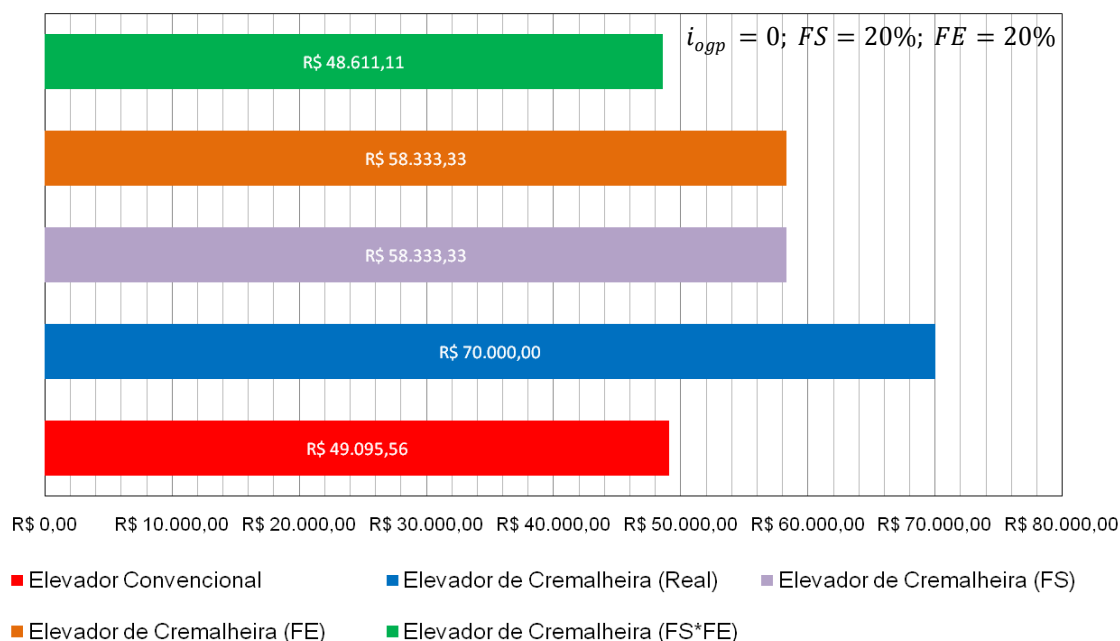


Figura 5.3 - Custo Médio com Elevadores por Obra

Na Figura 5.3 está representado o resultado para um cenário onde a construtora instalaria apenas um elevador convencional para a obra ou locaria um elevador de cremalheira equivalente. O custo total com a locação de um elevador de cremalheira é aproximadamente 40% maior. A locação neste cenário não é viável porque os valores de locação estão inflacionados pela demanda de construções que possuem um $i_{ogp} > 0$.

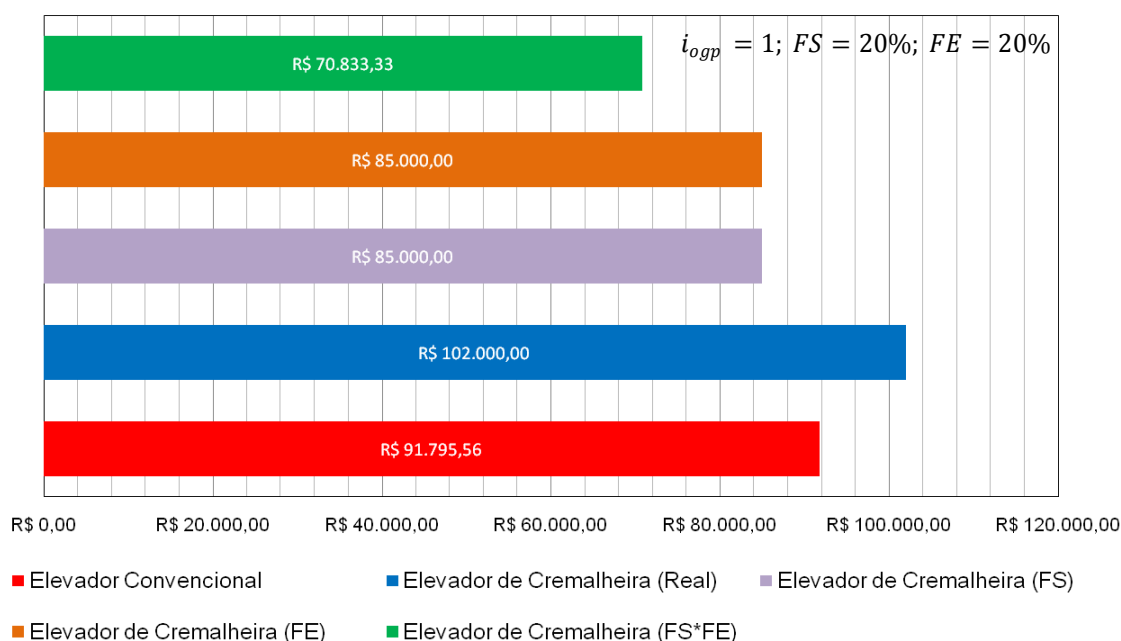


Figura 5.4 - Custo Médio com Elevadores por Obra

Na figura 5.4 está representado o resultado para um cenário onde a construtora instalaria dois elevadores convencionais ou locaria um elevador de cremalheira com o dobro da capacidade. O custo total com a locação é aproximadamente 10% maior, uma diferença que pode ser absorvida facilmente pelos fatores de segurança e de eficiência.

5.3 Aquisição por Locadora

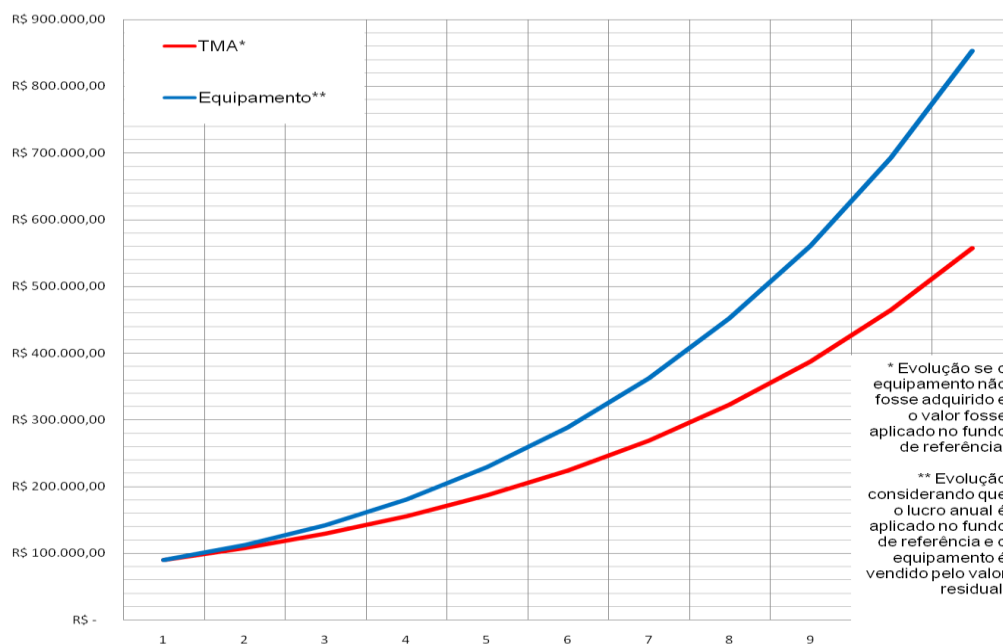


Figura 5.5 - Evolução do Investimento

Na figura 5.5, está representado o resultado para o investimento de uma locadora na compra à vista de um elevador de cremalheira. Observa-se que lucro anual com a locação do equipamento (descontada a sua desvalorização no mesmo período) é maior que o rendimento obtido se o valor do equipamento fosse investido na aplicação de referência. O rendimento com o equipamento considera que o lucro é reinvestido na aplicação de referência.

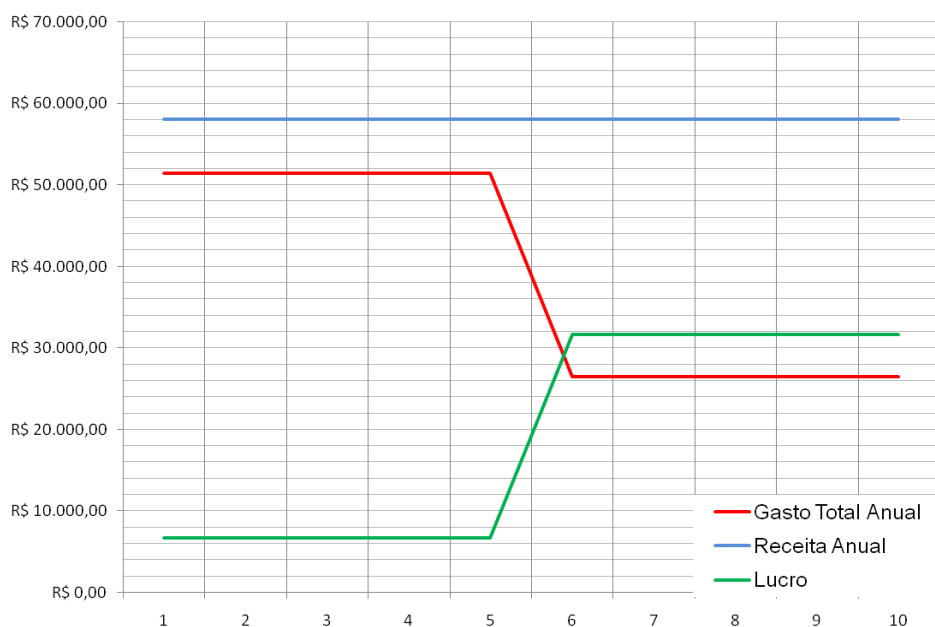


Figura 5.6 - Evolução do Investimento

Na figura 5.6, está representado o resultado para o investimento de uma locadora na compra financiada de um elevador de cremalheira. Observa-se que durante o pagamento do financiamento, a margem de lucro é bastante estreita. Contudo, após a quitação, mais de 50% da receita obtida com a locação será destinada ao lucro da empresa.

6. CONCLUSÕES

Observou-se que há dificuldades de inserção do elevador de cremalheira em cidades que a legislações municipais limitam bastante a altura das edificações. Em Porto Alegre, por exemplo, a última revisão do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental estabelece que as alturas máximas de edificações não devam ser superiores a 33, 42 ou 52 metros, dependendo do bairro. Ou seja, é uma situação que torna desnecessária a utilização de mais que um elevador convencional por obra, exceto em situações que o prazo para conclusão da mesma é muito reduzido.

O elevador de cremalheira possui características diferenciadas e sua inserção em novos mercados é determinada pelas condições de competir com o elevador de obras convencional e apresentar uma melhor relação entre custo e benefício para as construções características da região de análise. Considerando a dificuldade em identificar e comparar as relações entre custo e benefício de ambos os modelos para os mais diversos perfis de construções, neste trabalho foi desenvolvida uma metodologia para verificar a viabilidade de utilização do elevador de cremalheira para cada caso, comparando o seu desempenho econômico ao longo de sua vida com o desempenho econômico do modelo que é utilizado tradicionalmente ou com outros tipos de investimentos, no caso de locadoras.

A utilização de dados médios do mercado para teste da metodologia desenvolvida proporcionou resultados coerentes com o comportamento das construtoras diante as possibilidades de aquisição e de locação. Nos resultados obtidos, pode ser observada a tendência do elevador de cremalheira ser viável nas construções de maior porte. E enquanto as construtoras tiverem problemas para organizar um cronograma de longo prazo que otimiza a sequência de obras, a alternativa é a locação do equipamento. Obviamente que, ao efetuar a locação, há um custo adicional referente ao lucro desta outra empresa. Contudo, esta opção poderá representar custo menor que o de um equipamento subutilizado.

Os dados utilizados para testar a metodologia referem-se à cidade de São Paulo, onde se observou que os valores de locação do equipamento estão inflacionados, este fenômeno pode ser explicado pelo perfil das construções e os seus respectivos exigirem mais dos equipamentos utilizados. O que garante às locadoras uma boa taxa de retorno ao investir neste item.

Portanto, a proposta de comparar os modelos de elevadores de uma forma mais ampla, onde diversos aspectos pudessem ser considerados, foi atendida. Embora alguns aspectos continuem sendo considerados ou desconsiderados de acordo com a cultura de uma determinada empresa. Essa flexibilidade não compromete o modelo, pois sua finalidade é facilitar a escolha de um equipamento para as características específicas de uma situação de uso na construção civil.

Para adquirir um elevador de cremalheira, a construtora precisa considerar o porte de suas obras e o fluxo das mesmas durante a vida útil do equipamento. Se o equipamento permanecer ocioso por longos períodos ou somente algumas obras serão de grande porte, a alternativa correta é a locação do equipamento para as obras maiores.

Para locar um elevador de cremalheira para uma determinada obra, a construtora precisa procurar um planejamento do canteiro que reduza o período do contrato. Outro ponto é definir a capacidade do equipamento, pois o subdimensionamento poderá ocasionar atrasos e o superdimensionamento ocasionará gastos desnecessários.

Para adquirir um elevador de cremalheira, uma locadora deve estar atenta às condições para o financiamento do equipamento, pois a compra à vista não é usual no setor. Taxas de juros, prazos para pagamento e prazo de carência devem ser harmônicos com a receita esperada pela prestação de serviço que incluirá a locação e a operação do equipamento. Recomenda-se que a locadora seja a contratante do operador, pois além de ser uma forma de preservar o equipamento e aumentar sua vida útil, os encargos sociais são menores no setor de prestação de serviço.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Câmara Brasileira de Indústria e Comércio - CBIC, "**Dados da Indústria Imobiliária**", <http://www.cbicdados.com.br>. Acessado em 30/08/2010.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, "**NB-233: Elevadores de segurança para canteiros de obras de construção civil**", ABNT, 1975.

Ministério do Trabalho e Emprego, "**Norma Regulamentadora Nº 18**", <http://www.mte.gov.br>. Acessado em 18/08/2010.

Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, "**Recomendação Técnica de Procedimentos sobre Movimentação e Transporte de Materiais e Pessoas - Elevadores de Obras**", <http://www.fundacentro.gov.br>. Acessado em 20/08/2010.

Associação Brasileira de Empresas Locadoras de Bens Móveis, "**Pesquisa sobre o Mercado de Locadoras de Equipamentos para Construção**", <http://www.alec.org.br>. Acessado em 25/08/2010.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, "**Pesquisa Anual da Indústria da Construção**", <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em 30/08/2010.

Dal Monte, Paulo Juarez. "**Elevadores e escadas rolantes**", Interciência, 1ª edição, 2000.

Sampaio, José Carlos de Arruda. "**PCMAT: Programa de Condições e Meio Ambiente do Trabalho na Indústria da Construção**", Pini, 1ª edição, 1998.

Saurin, Tarcísio Abreu. "**Contribuições para a revisão da NR-18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção**", UFRGS/PPGEC-PPGEP, 1ª edição, 2000.

Rousselet, Edson da Silva. "**A segurança na Obra : Manual Técnico de Segurança do Trabalho em Edificações Prediais**", Interciência, 1ª edição, 1999.

Wolter, Samsão. "**Projetos: Planejamento, Elaboração, Análise**", Atlas, 1ª edição, 1999.

Simantob, Moisés. "**Guia Valor Econômico de Inovação nas Empresas**", Globo, 1ª edição, 2003.

Hirschfeld, H.; "**Engenharia Econômica e Análise de Custos**", Atlas, 7ª edição, 2000.

Apêndice I - Informações Básicas sobre Elevador a Cabo

O elevador a cabo consiste em uma torre, em cujo interior se move uma cabine, tracionada por um cabo de aço, que se enrola no carretel de um guincho, movido por um motor elétrico. A rotação do motor se transmite ao carretel por intermédio de um sistema de transmissão que pode ser composto por engrenagens e correias. Há um sistema de polias, em que uma fica na cabine e outra, no topo da torre, de forma que o peso da cabine é dividido por dois, diminuindo assim a tensão no cabo e a força a ser feita pelo guincho. Há ainda outras duas polias, com função apenas de mudar a direção do cabo.

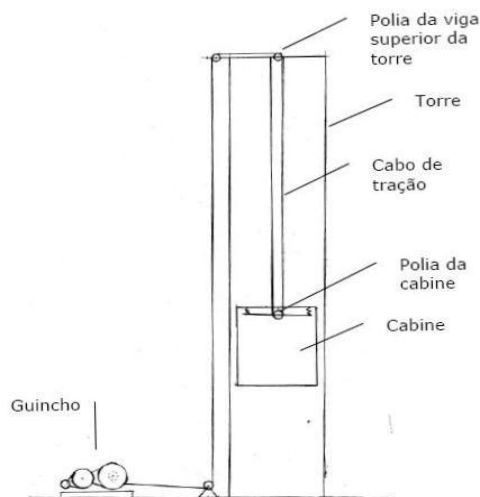


Figura I.1 - Esquema de Funcionamento

Este equipamento é extremamente versátil e, se todas as normas de segurança forem atendidas, apresenta condições de operação em diversas atividades a um custo bastante atraente. Para utilização deste equipamento, é preciso avaliar os seguintes aspectos:

Local de Instalação

O terreno para a base da torre e guincho deve ser plano, não alagadiço e suficientemente resistente para absorver os esforços solicitados para tal fim. A base, quando de concreto, deverá ter no mínimo 15 (quinze) centímetros acima do nível do terreno, dotada de drenos, a fim de permitir o escoamento da água acumulada no seu interior. E, sobre a base, deve-se colocar material para amortecer impactos imprevistos da cabina.

O projeto de transporte de carga tem de ser feito na implantação do canteiro, levando-se em conta, por exemplo, os materiais que serão movimentados verticalmente e o cronograma de execução da fachada. Aspectos como a proximidade dos estoques e do local de recebimento de materiais e boa centralização para a distribuição nos andares servidos também devem ser observados.

Instalar os elevadores no poço do elevador social é uma opção para não atrapalhar a conclusão da fachada. Contudo, quando for necessário instalar o definitivo, monta-se primeiro o de serviço, que será usado no fim da obra como transporte temporário (com todas as proteções necessárias), enquanto o elevador social é montado.

Algumas precauções na hora de determinar a localização da torre do elevador:

- afastar o máximo possível de redes elétricas energizadas, ou
- isolá-las conforme normas específicas da concessionária local;
- afastar o mínimo possível da fachada da edificação, considerando as peculiaridades do projeto, como varandas, sacadas e outras.

Cabos de Tração

Em elevadores, utilizam-se cabos de aço especiais, fabricados para este fim, e são construídos com uma alma de fibra natural (identificada pela sigla AF), ou com uma alma de aço (identificada pela sigla AA). Os diâmetros mais comuns para elevadores são 3/8" (9,5 mm), 1/2" (13 mm) e 5/8" (16 mm). Diâmetros maiores que estes são utilizados somente em aplicações especiais.

A regulagem da tensão dos cabos de tração é muito importante para que seja obtida uma maior durabilidade dos cabos e da polia, uma melhora na qualidade de deslocamento, atendendo os fatores de segurança e reduzindo custos.

Também é necessário estar atento aos critérios de condenação dos cabos, estes são estabelecidos por normas e podem ser verificados nas inspeções periódicas.

Torre

Estrutura vertical destinada a sustentar a cabina, o cabo de tração dos elevadores de obra e servir de guia para o deslocamento vertical do equipamento. As torres não devem ultrapassar a altura de seis metros medida a partir da última laje e, na última parada a distância máxima entre a viga da cabina e a viga superior deve ser de quatro metros.

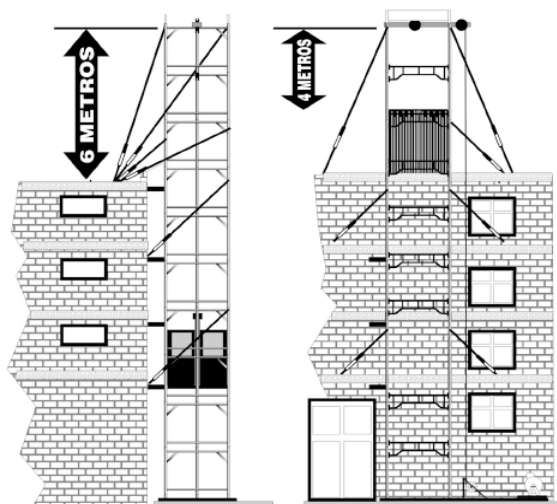


Figura I.2 - Fixação da Torre

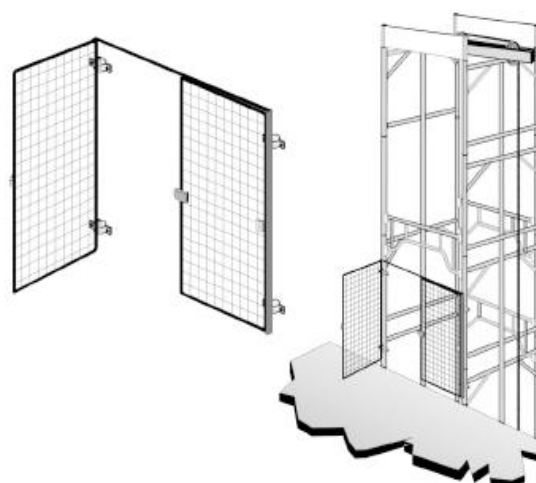


Figura I.3 - Acesso ao Elevador

As torres deverão estar devidamente ancoradas e estaiadas a espaços regulares, de modo que fiquem asseguradas a rigidez, retilinidade, verticalidade e estabilidade. E, para proteção contra quedas de materiais, as torres devem ser revestidas com telas de arame galvanizado (nas faces que não estão voltadas para a construção), quando a cabina não for fechada. Junto ao solo, também é preciso proteger o cabo de tração (externo a torre) contra o contato acidental de pessoas e materiais. A torre do elevador deve ser dotada de dispositivo de segurança tipo cancela ou barreira, e sinalização, de forma a impedir a circulação de trabalhadores através da mesma.

Cabine

As cabines podem ser fechadas ou semi-fechadas. A fechada é utilizada para o transporte de pessoas ou materiais (nunca simultaneamente) e a semi-fechada deve ser usadas exclusivamente para o transporte de cargas.

A cabina semi-fechada deve ter uma cobertura, basculável ou de encaixe, de maneira a permitir o transporte de peças compridas. Esta cobertura tem por finalidade proteger os trabalhadores que estejam carregando e descarregando a prancha, de qualquer material que possa cair sobre os mesmos. Peças com mais de 2m de comprimento devem ser firmemente fixadas na estrutura da cabina. Estas cabines também devem ser providas, nas

laterais, de painéis fixos de contenção com altura mínima de 1m e, nas demais faces, de portas ou painéis removíveis. O assoalho da cabina deve ser de material que resista às cargas a serem transportadas.



Figura I.4 - Cabine Semi-Fechada

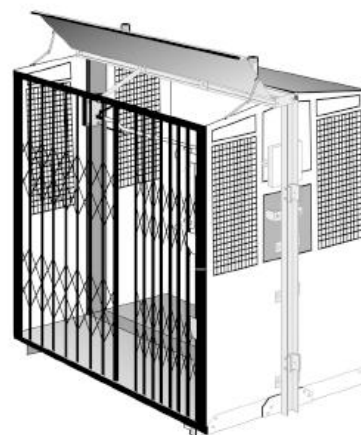


Figura I.5 - Cabine Fechada

Para os elevadores com uso exclusivo destinado para cargas, os requisitos são menos severos, contudo devem dispor dos seguintes itens:

- trava de segurança para mantê-lo parado em determinada altura, além do freio do motor;
- interruptor de corrente para que a movimentação ocorra somente com portas ou painéis fechados;
- sistema de frenagem automática;
- sistema de comunicação eficiente e seguro.

A cabina fechada deve ser provida de cobertura resistente, proteções laterais do piso ao teto da cabina, portas frontais (pantográficas ou de correr), placas de advertência (como os valores máximos de peso e de passageiros) e sinalização luminosa de indicação de pavimentos.

Além das características supracitadas, os elevadores destinados ao uso de passageiros devem dispor dos seguintes itens:

- freio mecânico (manual) situado no interior elevador, conjugado com interruptor de corrente;
- interruptor nos fins de curso superior e inferior, conjugado com freio eletromagnético;
- sistema de frenagem automática, a ser acionado em caso de ruptura do cabo de tração;
- sistema de segurança eletromecânico no limite superior a 2m abaixo da viga superior da torre;
- interruptor de corrente, para que se movimente apenas com as portas fechadas;
- sistema de comunicação eficiente e seguro.

Guincho

Os guinchos devem ter chave de partida com dispositivo de bloqueio, localizada junto ao operador do guincho impossibilitando o acionamento por pessoas não autorizadas. O tambor do guincho, o suporte da roldana livre e a torre devem estar nivelados, alinhados e centralizados. A distância entre a roldana livre e o tambor do guincho do elevador deve estar

compreendida entre 2,50m (dois metros e cinquenta centímetros) a 3,00m (três metros), de eixo a eixo.

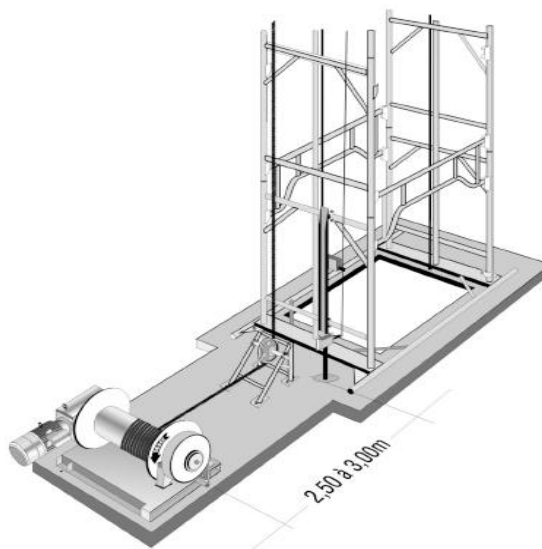


Figura I.6 - Guincho para Elevadores de Obra

Em qualquer posição de parada do elevador, o cabo de tração do guincho deve ter no mínimo seis voltas enroladas no tambor. A capacidade de tração (carga máxima) de um guincho deve constar de uma plaqueta, mantida permanentemente fixada na prancha ou cabina do elevador. Quando o guincho não for instalado sob laje, mas próximo à edificação, deve-se construir uma cobertura resistente, para a proteção do operador, contra a queda de materiais.

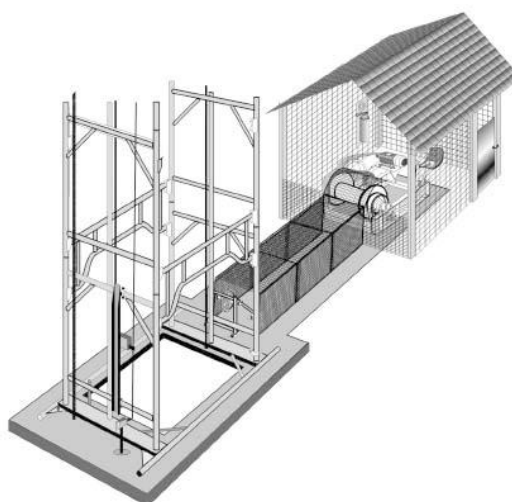


Figura I.7 - Cobertura para o Guincho

O posto de trabalho do operador do guincho deve ser isolado, sinalizado, dispondo de extintor de incêndio (com pó químico), e o acesso de pessoas não autorizadas deve ser proibido. Não é permitido utilizar este local para depósito de materiais.

Apêndice II - Informações Básicas sobre Elevador de Cremalheira

O elevador de cremalheira consiste em uma cabine onde está instalado um motor elétrico e um sistema de redução que fazem um pinhão girar sobre uma cremalheira instalada ao longo do comprimento da torre.



Figura II.1 - Elevador de Cremalheira do Grupo Tensor

Abaixo estão relacionados os principais itens que compõem um sistema de elevação a base de pinhão e cremalheira:

Torre

A estrutura da torre, que permite a sustentação e ascensão do elevador, é composta por módulos. Estes módulos são estruturas metálicas robustas com as características adequadas para facilitar a montagem de torres com as mais diversas alturas e para garantir que as mesmas resistam às solicitações. Outro elemento importante da torre é a gravata, utilizada para realizar o travamento da torre do elevador com o prédio, possui ainda a função de realizar o alinhamento da torre no momento de ascensão.

Geralmente as torres possuem uma base metálica e outros componentes com a finalidade de proporcionar segurança aos usuários e à própria integridade estrutural, tal como uma cerca de proteção.



Figura II.2 - Módulo Estrutural



Figura II.3 - Gravata

Sistema de Tracionamento e de Freios

A cremalheira é instalada na torre, ao longo do seu comprimento, e o pinhão é o mecanismo de contato do sistema de redução que está instalado no teto da cabine junto com o motor. Contudo, geralmente há outros dois pinhões em contato com a cremalheira, eles fazem parte de dois freios de segurança (com princípio centrífugo) que estão instalados abaixo do sistema de redução (na lateral da cabine).

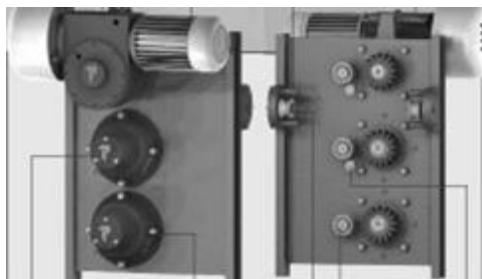


Figura II.4 - Sistema de Tracionamento



Figura II.5 - Disposição do Sistema na Cabine

7.3 Cabine

No elevador de cremalheira, a cabine concentra a maior parte das funções. Dentro dela, o operador manipula as ações do elevador, seja para subida, descida, nivelamento de andar e, em caso de emergência, a paralisação total do equipamento. O Quadro de Comando, que também está na cabine, interpreta os comandos do operador, através de uma célula (Mini CLP), e envia os sinais para funcionamento dos mecanismos do sistema de tracionamento e de freios.

Para ter acesso a cabine, é instalada uma cancela em cada pavimento para evitar acidentes em que o elevador é acessado sem que esteja devidamente parado no andar. Junto a mesma, há também uma botoeira que permite chamar o equipamento, quando necessário.

Outro elemento que também está na cabine é a placa de identificação, fixada na lateral da mesma, com todas as especificações técnicas do elevador.

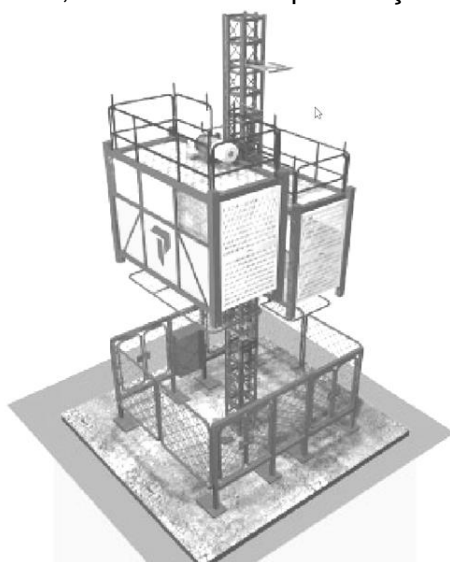


Figura II.6 - Cabine Dupla

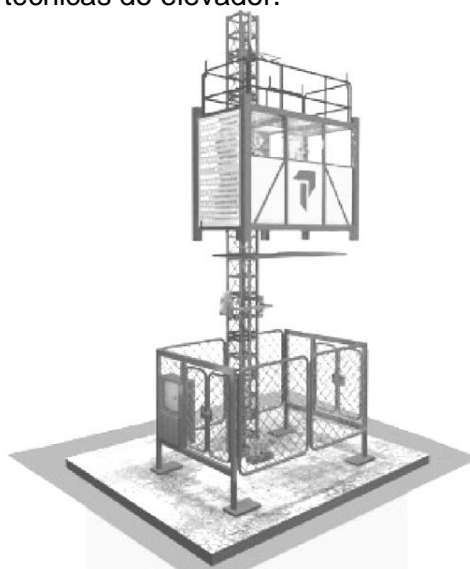


Figura II.7 - Cabine Simples

Em elevadores de cremalheira também é possível colocar duas cabines independentes em uma mesma torre, conhecido como modelo de Cabine Dupla.

Sistemas de Segurança

Existem inúmeros dispositivos que conferem segurança ao equipamento, entre eles estão os seguintes:

- O Alarme Sonoro de Movimento é uma sirene bitonal de longo alcance que emite um sinal sonoro advertindo as pessoas do perímetro que a cabina está em movimento, subindo ou descendo.
- Alguns modelos contam com uma cabina exclusiva para o operador, o que pode garantir melhor visão e maior segurança na hora de operar o elevador.
- O freio de segurança atua de forma centrífuga e é acionado quando o elevador ultrapassar a velocidade pré-estabelecida para funcionamento.
- Pode ser instalado, em elevadores com maior capacidade de carga, um freio de emergência suplementar com acionamento simultâneo ao freio de emergência principal.
- Na parte superior da cabine é instalada uma proteção metálica na altura de 1,2m, com rodapé de 0,2m para permitir que os técnicos ou usuários tenham total segurança quando permanecerem sobre o teto para montagem ou manutenção.
- Alguns elevadores possuem iluminação interna instalada no teto da cabina para não prejudicar o desenvolvimento do trabalho dos usuários em caso de condições de baixa luminosidade.
- Um limitador é instalado para verificar a presença da cremalheira no percurso da torre e pára imediatamente na falta da mesma.
- Há um limitador de percurso de descida e outro de subida que indicam e param a cabine nivelando o piso da mesma com o piso do andar.
- O limitador de segurança de percurso é instalado como um supervisor dos limitadores de percurso de subida e descida e é acionado no caso de falha dos mesmos.
- É instalado em cada uma das portas da cabina um interruptor que avisa quando a porta não está devidamente fechada, acionando uma sinalização luminosa na mesa de comando e impedindo o deslocamento do elevador até que as portas da cabina estejam fechadas. Também é instalada uma trava mecânica de forma a garantir maior segurança aos usuários contra uma abertura indesejada.
- Na cabine pode ser instalada uma rampa basculante cuja finalidade é facilitar o acesso de usuários ou materiais nas paradas programadas do equipamento.
- A cabine é dotada de um sistema de acesso superior que permite a saída do usuário em caso de emergência no qual seja impossível a utilização das portas.
- Na base metálica é instalado um sistema de molas de amortecimento que permite uma parada da cabina suave no caso de um possível escorregamento.
- É posicionada sobre a motorização uma proteção que garante a integridade do motor, proporcionando maior segurança aos usuários.
- Proteção termomagnética contra curto-circuito (local e remoto).
- Batente inferior e superior de segurança.
- É possível instalar um sensor de excesso de carga.

Apêndice III - Quadro Comparativo entre os Elevadores

Em diversas publicações da área de construção civil, os usuários manifestam suas considerações subjetivas sobre os modelos de elevador. Os aspectos mais comentados estão relacionados no quadro abaixo:

Fator Considerado	Elevador a Cabo	Elevador de Cremalheira
Análise de Custos		
Custo de Aquisição/Locação	Menor	Maior
Custo de Instalação	Maior	Menor
Custo de Manutenção	Maior	Menor
Custo de Energia	Maior	Menor
Análise de Produtividade		
Tempo Médio de Instalação	Duas semanas	Uma semana
Operacionalidade	Pior	Melhor
Nº de Operadores no Mercado	Maior	Menor
Carga Máxima	Menor	Maior
Desempenho para Alturas Elevadas	Menor	Maior
Utilização em Outros Setores	Menor	Maior
Análise de Investimento		
Desgaste dos Componentes	Maior	Menor
Reposição de Peças	Menor	Maior
Vida Útil do Equipamento	Menor	Maior
Valorização do Usado	Menor	Maior
Possibilidades de Financiamento	Menor	Maior
Análise de Segurança		
Confiabilidade dos Fabricantes	Menor	Maior
Princípio de Funcionamento	Pior	Melhor
Nº de Itens de Segurança	Menor	Maior
Sistema de Frenagem	Impreciso	Preciso
Utilização de Materiais Confiáveis	Menor	Maior
Riscos no Canteiro	Maior	Menor
Possibilidades de Impedir Acidentes	Menor	Maior

Apêndice IV - Comparativo de Especificações

Abaixo está um comparativo entre as especificações de um dos elevadores a cabo com maior capacidade do mercado e quatro modelos de elevador de cremalheira.

Especificação	Elevador a Cabo	Elevador de Cremalheira			
		Montarte E10/13N	Montarte E13/17N	Montarte E17/20N	Montarte E20/26N
Modelo	Mecan GEM 1.5	Montarte E10/13N	Montarte E13/17N	Montarte E17/20N	Montarte E20/26N
Nº Máximo de Passageiros	10	13	17	20	26
Capacidade de Carga	800 Kg (passag.) 1000 Kg (carga)	1000 Kg	1300 Kg	1500 Kg	2000 Kg
Velocidade	24 m/min	33,5 m/min			
Altura Máxima da Torre	100 m	150 m		250 m	
Tempo Médio para Montagem (Altura Máxima)	100 h	75 h		125 h	
Tempo Médio p/Desmontagem (Altura Máxima)	60 h	40 h		75 h	
Potência do Motor	15 CV	15 CV	20 CV	2 x 12,5 CV	2 x 15 CV
Largura da Cabine	1,50 m	1,17 m		1,37 m	
Comprimento da Cabine	2,00 m	2,42 m		2,98 m	
Altura da Cabine	2,00 m	2,10 m		2,20 m	

Cabe salientar que elevador de cremalheira possui a opção de utilizar duas cabines por torre, podendo duplicar as capacidades supracitadas, conforme figura abaixo:

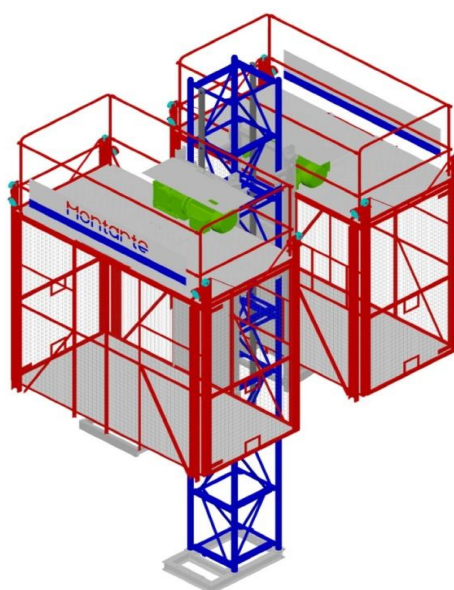


Figura V.1 - Elevador de Cabine Dupla Montarte

Apêndice V - Valores Médios de Mercado utilizados para Análise de Viabilidade

Os dados abaixo foram obtidos exclusivamente para testar a metodologia. Os dados referentes a custos e características dos equipamentos foram obtidos através de cálculo da média dos valores fornecidos pelos fabricantes. Os dados referentes à locação foram obtidos junto a Associação Brasileira de Empresas Locadoras de Bens Móveis (ALEC). E os dados referentes às obras e de remuneração de operadores foram obtidos com o Sindicato da Indústria da Construção Civil do estado de São Paulo (SindusCon-SP).

- Duração média da utilização de elevador em uma obra (N_o): 10 meses
- Duração média do período de ociosidade do equipamento (N_p): 2 meses
- Valor do equipamento para compra à vista (V_{compra}).
 - Elevador de Cremalheira
 - capacidade de carga para uma tonelada: R\$ 90.000,00
 - capacidade de carga para duas toneladas: R\$ 120.000,00
 - Elevador Convencional
 - capacidade inferior a uma tonelada (projeto e fabricação): R\$ 20.000,00
- Valores médios para cálculo operacional.
 - Elevador de Cremalheira
 - Custo médio para instalação (C_{inst}): R\$ 3.000,00
 - Custo médio da manutenção de rotina (C_{mr}): R\$ 250,00
 - Custo médio com manutenções não previstas (C_{mnp}): R\$ 1.500,00
 - Nº de Manutenções de Rotina: mensal ($n_{mr} = N_o$)
 - Nº médio de Manutenções Não Previstas: uma por obra ($n_{mr} = 1$)
 - Elevador Convencional
 - Custo médio para instalação (C_{inst}): R\$ 5.000,00
 - Custo médio da manutenção de rotina (C_{mr}): R\$ 150,00
 - Custo médio com manutenções não previstas (C_{mnp}): R\$ 750,00
 - Nº de Manutenções de Rotina: semanal ($n_{mr} = 4 \times N_o$)
 - Nº médio de Manutenções Não Previstas: mensal ($n_{mr} = N_o$)
 - Custo médio com a readaptação ($C_{rp} + C_{adpt}$): R\$ 5.000,00
- Valores para locação de Elevador de Cremalheira.
 - Nº de Mensalidades por Contrato: $Nl = N_o$
 - Período de Ociosidade do Equipamento: $Nlp = N_p$
 - Percentual médio sobre a receita destinado a impostos (I_{RC}): 17%
 - Valor da Mensalidade ($C_{mens.loc}$).
 - Capacidade de carga para uma tonelada: R\$ 6.000,00
 - Capacidade de carga para duas toneladas: R\$ 9.000,00
 - Valor do Adicional para Instalação ($C_{adic.loc}$).
 - Capacidade de carga para uma tonelada: R\$ 10.000,00
 - Capacidade de carga para duas toneladas: R\$ 12.000,00
- Vida útil do equipamento.
 - Mínima para o Elevador de Cremalheira (n_{cr}): 10 anos
 - Índice anual de desvalorização do equipamento (i_{dv}): 10%
 - Número médio de readaptações do Elevador a cabo (N_{readpt}): 4
- Valores para remuneração do operador.
 - Período por ano que estará contratado (N_c): 12 meses
 - Salário mensal médio (S): R\$ 1.200,00
 - Percentual médio sobre o valor do salário que será destinado ao pagamento de encargos sociais e trabalhistas (i_{es})
 - Construtora: 60%
 - Locadora: 35%
- Taxa anual de juros.
 - Média para a Construção Civil (i): 18%
 - Taxa Média de Atratividade (TMA_{anual}): 15%
 - BNDES FINAME Modernaq (i_{fin}): 12%
 - Período de Carência (t_{car}): sem carência
 - Período para Pagamento do Financiamento (t_{pg}): 5 anos

Apêndice VI - Planilhas para Cálculo de Viabilidade (CD-Rom)

O CD-Rom abaixo possui quatro planilhas onde a metodologia desenvolvida pode ser aplicada a quatro diferentes situações onde é necessário analisar a viabilidade do elevador de cremalheira.

As planilhas são auto-explicativas e o usuário poderá inserir seus próprios dados e obter os resultados para o seu modo de utilização do equipamento.

O CD não é regravável, portanto se desejar salvar os cálculos realizados com seus próprios dados, basta clicar em “salvar como” e indicar o local no disco rígido onde deseja guardar o arquivo.