

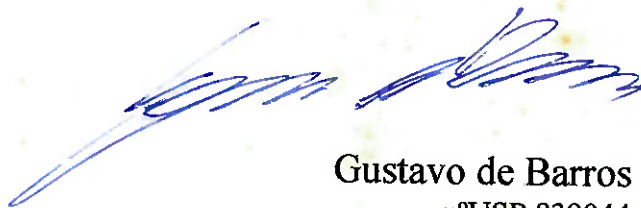


Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia Mecânica

PMC-581 Projeto Mecânico II

10
Dez

Desenvolvimento de Produto para Montanhismo


Gustavo de Barros
nºUSP:839044


Orientador: Prof. Omar Moore de Madureira



Coordenador: Prof. Dr. Edson Gomes

São Paulo
Dezembro 1998

Dedicatória

Dedico este trabalho
a todos aqueles que uma vez me ajudaram,
inclusive àqueles que não o sabem,
ou mesmo não sabem o quanto o fizeram.

Agradecimentos

À minha família pelo apoio dado e pela confiança depositada ao longo de tantos anos.

Ao Prof. Omar Moore de Madureira por mais que todo o conhecimento transmitido.

Índice

I. Resumo e Conclusões	i
II. Introdução	1
III. Descrição da Empresa	3
IV. Pesquisa de Marketing	5
IV.1. Introdução	5
IV.2. Reconhecimento e formulação do problema de pesquisa	7
IV.3. Planejamento da Pesquisa	8
IV.3.1. Definição dos Objetivos	8
IV.3.2. Estabelecimento das questões de pesquisa	9
IV.3.3. Determinação das fontes de dados	12
IV.3.4. Necessidades de dados, Variáveis e Indicadores	13
IV.3.5. Determinação da metodologia	14
IV.3.5.a. Determinação do tipo de pesquisa	14
IV.3.5.b. Determinação dos métodos e técnicas de coletas de dados	15
IV.3.5.c. População de pesquisa, Tamanho da amostra e Amostragem	16
IV.3.5.d. Planejamento da coleta de dados	17
IV.4. Execução da Pesquisa	17
IV.4.1 Instrumento de pesquisa	17
IV.4.2. Coleta de dados	20
IV.5. Resultados	21
IV.5.1 Resultados obtidos	21
IV.5.2. Análise dos Resultados	27
V. Definição do Produto	30
V.1. Escolha do Produto	30
V.1.1. Determinação das Necessidades	30
V.1.2. Critérios de Escolha	31
V.2. Objetivos e Requisitos do Produto	33
V.3. Especificação Técnica	34
V.3.1. Especificações Funcionais	34
V.3.2. Especificações Operacionais	36

V.3.3. Especificações Construtivas	36
VI. Viabilidade do Projeto	38
VI.1. Soluções Propostas.....	38
VI.1.1. Fixação em elementos naturais.....	40
VI.1.2. Fixação por gancho em agarras	41
VI.1.3. Dispositivos Fixos.....	42
VI.1.4. Pitons	43
VI.1.5. Nuts.....	45
VI.1.6. Dispositivos plásticos	45
VI.1.7. Dispositivos de expansão.....	46
VI.1.8. Camos simples passivos	47
VI.1.9. Camos tensionados por molas	49
VI.2. Soluções Interessantes.....	52
VI.3. Viabilidade Técnica	52
VI.4. Viabilidade Econômica.....	58
VI.4.1. Estimativa da Demanda.....	58
VI.4.2. Preço de Venda.....	59
VI.4.3. Estimativa dos Custos de Produção.....	60
VI.4.4. Estimativa dos Investimentos	63
VI.4.5. Viabilidade Econômica	65
VI.5. Viabilidade Financeira	68
VI.6. Soluções Viáveis	68
VII. Projeto Básico.....	70
VII.1. Escolha da Melhor Solução	70
VII.2. Descrição do Dispositivo	73
VII.2.1. Equacionamento da Queda Padrão.....	75
VII.2.2. Equilíbrio do Dispositivo	82
VII.2.3. Coeficiente de Atrito	89
VII.2.4. Modelo Funcional.....	91
VII.3. Análise de Sensibilidade.....	95
VII.4. Análise de Compatibilidade.....	104
VII.5. Análise de Estabilidade.....	107
VII.5.1. Magnitude da força.....	107

VII.5.2. Direção da força	108
VII.5.3. Tipos diferentes de fendas	109
VII.5.4. Má colocação	110
VII.5.5. Má conservação	110
VII.5.6. Má utilização	111
VII.6. Otimização	111
VII.6.1. Otimização do ângulo de inclinação (β)	111
VII.6.2. Seleção do Material	114
Figura VII.19: Configuração utilizada para a seleção de material da haste	114
VII.6.2.1. Haste leve e resistente - Escoamento	114
VII.6.2.2. Haste leve e resistente - Flambagem	116
VII.6.2.3. Haste rígida e resistente – Fratura	118
VII.6.2.3. Haste leve, rígida e resistente	120
VII.6.3. Dimensionamento das Hastes	121
VII.6.3.1. Escoamento	121
VII.6.3.2. Flambagem	122
VIII. Bibliografia	124
IX. Anexos	125

I. Resumo e Conclusões

O objetivo que guiou este trabalho foi o de atender o mercado de montanhismo, mercado identificado como emergente e com carência de variedade de produtos e de bons preços, com um produto atraente para o consumidor e economicamente interessante.

De tal forma a criar “condições de contorno” para estudar a viabilidade do novo produto foi criada a empresa fictícia DeBemComAVida Equipamentos Esportivos Ltda. A DeBemComAVida possui 43 funcionários e um faturamento anual de R\$1.200.000,00. Os objetivos da empresa são crescimento a médio prazo e estabilidade através de atuação em mercados diversificados a longo prazo. A principal linha de produtos da DeBemComAVida é a de produtos para musculação.

Uma pesquisa de marketing foi realizada para verificar a potencialidade assumida do mercado, ajudar a escolher o produto a ser desenvolvido e fornecer um melhor conhecimento do mercado em que se pretende atuar. A pesquisa foi realizada na cidade de São Paulo, sob a forma de questionários auto-preenchidos, que foram distribuídos nas lojas especializadas do ramo.

Os resultados da pesquisa revelaram um perfil do consumidor de produtos para montanhismo como sendo majoritariamente masculino, jovem, solteiro e de classe média alta, inferindo-se daí a potencialidade do mercado, dada a classe social dos consumidores e assumida uma grande disponibilidade deste capital para a compra de produtos não básicos pelo próprio perfil do consumidor. As modalidades preferidas dos montanhistas foram: o trekking (moda), a escalada em rocha e a escalada em muros artificiais. Os critérios eleitos como mais importantes quando da compra de um produto para montanhismo pelos pesquisados foram, respectivamente: qualidade, confiabilidade, preço e utilidade. A grande maioria dos pesquisados realiza pesquisa de preço.

Através de uma análise realizada com os dados da pesquisa de marketing associada a conhecimentos sobre as necessidades dos montanhistas foi escolhido atender-se às necessidades dos praticantes de escalada em rocha. Foram levantadas as necessidades e, através de uma análise qualitativa sob o foco de critérios da empresa, escolheu-se atender especificamente à necessidade de fixação dos montanhistas.

O produto foi especificado de tal forma a atender os padrões da UIAA (Union Internationale des Associations d'Alpinistes), para ter um alto nível de confiabilidade e também de tal forma a possuir peso e dimensões minimizados.

Diversas soluções foram propostas para atender a esta necessidade, os grupos de soluções criados foram: fixação natural, fixação por gancho, dispositivos fixos, pitons, nuts, dispositivos plásticos, dispositivos de expansão (cunhas), camos simples passivos, camos pré tensionados.

Antes ainda de ser realizado o estudo de viabilidade das soluções foram eliminadas a fixação natural, os dispositivos fixos, por pequena margem de lucro unitária, e os pitons, pela agressão que causam à rocha onde são postados.

Através da realização da análise da viabilidade técnica das soluções foram eliminados os ganchos devido à sua instabilidade fora de carga e os dispositivos plásticos por não suportarem as cargas especificadas. Para as soluções restantes foram feitos diagramas de corpo livre e montadas as equações de equilíbrio, atestando-se através dos mesmos a viabilidade técnica de todas elas.

Uma análise econômico-financeira foi realizada baseada em estimativas de demanda, preços de venda ao consumidor, custos de produção e investimentos. Foi considerada inviável uma das soluções do grupo de camos passivos simples, o tubo expansível. As demais apresentaram taxas internas de retorno estimadas entre 13% e 26%, consideradas atrativas, sendo portanto as soluções consideradas economicamente viáveis. Foram também calculados os fluxos de caixa a valor presente para as soluções. Confrontando-se os investimentos estimados com os recursos disponíveis especificados para o projeto todas as soluções foram consideradas financeiramente viáveis.

Encontram-se abaixo uma tabela com as taxas internas de retorno e o fluxo de caixa a valor presente das soluções propostas.

		TIR
Nuts		15%
Dispositivos de Expansão	cilindro sobre cunhas	16%
	cunhas complementares	15%
	baralho de cunhas	14%

Camos simples passivos	polígono excêntrico	22%
	camo de três pontos	13%
	tubo expansível	8%
	triângulo isósceles	26%
Camos Tensionados	Friend	15%
	Camalot	18%
	Metolius	6%
	Camo duplo	17%

Tabela I.1: Taxas Internas de Retorno estimadas.

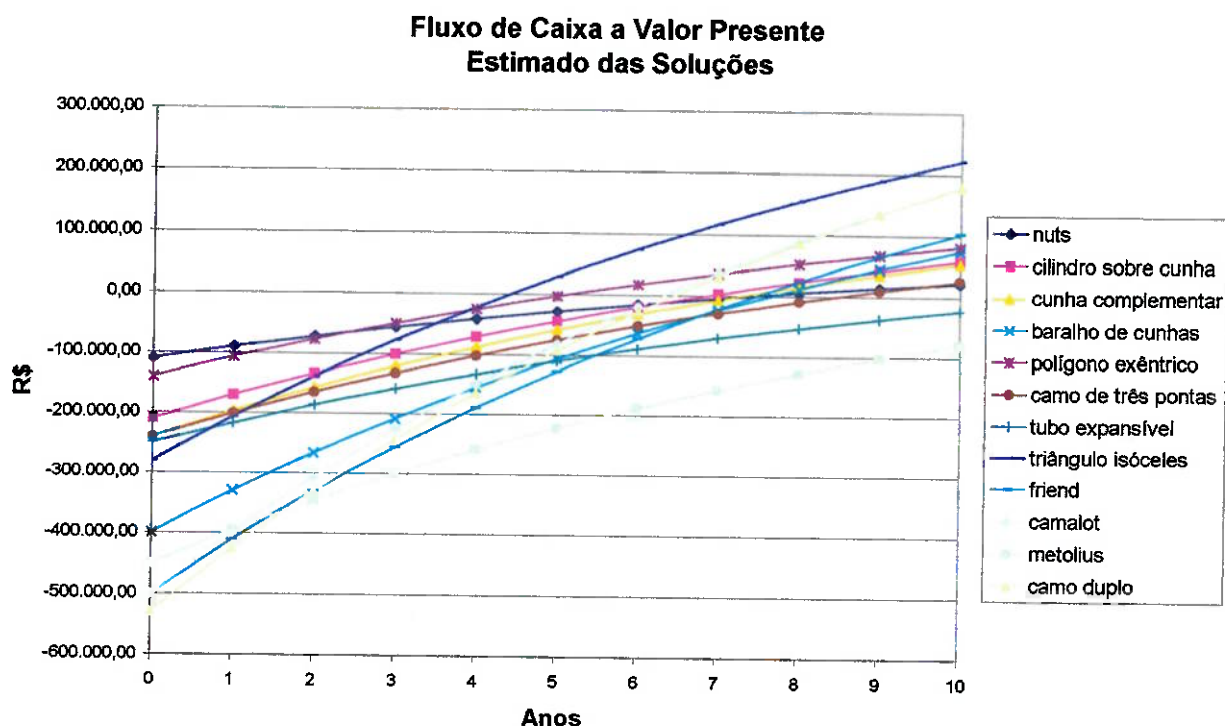


Gráfico I.1: Fluxo de Caixa a Valor Presente estimado das soluções.

Sendo assim concluiu-se pela viabilidade do projeto através das seguintes soluções:

- nuts
- dispositivos de expansão: cilindro sobre cunhas, cunhas complementares e baralho de cunhas
- camos simples passivos: poliedro excêntrico, camo de três pontos, triângulo isósceles
- camos tensionados por molas: Friend, Camalot, Metolius, Camo duplo.

Desta maneira o projeto pôde seguir o projeto básico do produto.

Dentre as soluções propostas, através de uma matriz de decisão contando com 14 diferentes critérios foi escolhido o triângulo isósceles como a solução a ser desenvolvida.

Ao longo do projeto básico foi feito um modelo funcional em madeira do dispositivo, que já conta com todas as alterações com relação a idéia inicial que surgiram ao longo das análises feitas no projeto básico.



Figura I.1: Modelo Funcional



Figura I.2: Modelo Funcional

Além do modelo funcional uma modelagem matemática do sistema foi realizada, contando com os seguintes modelos:

- modelagem da queda padrão da UIAA para avaliar a carga máxima atuante sobre o dispositivo;
- modelagem do equilíbrio do dispositivo de tal forma a avaliar a sua funcionalidade;
- modelagem do coeficiente de atrito entre o metal e a rocha.

Através desta modelagem matemática realizada foi possível analisar o funcionamento do dispositivo de forma mais criteriosa.

A partir da modelagem matemática realizada partiu-se para a análise de sensibilidade do sistema. Dois critérios foram escolhidos para avaliar o desempenho do dispositivo: o máximo ângulo de abertura das hastes, grandeza que rege o tamanho da faixa que um mesmo dispositivo pode operar; e a força de compressão nas hastes, que deve ser minimizada, de tal forma a se fazer o dispositivo o mais leve possível.

resistência ao escoamento, alta resistência à fratura, alta resistência a flambagem e mínima massa.

O material escolhido foram ligas de Alumínio.

Uma vez selecionado o material pôde proceder-se ao dimensionamento das hastes do dispositivo, a parte mais solicitada do mesmo. Foi escolhida uma seção H de espessura de parede 2 mm altura 15 mm e largura 15 mm.

Sendo assim pode-se dar seqüência ao detalhamento do dispositivo e de suas partes através do projeto executivo.

Conclui-se que o dispositivo a que se chegou é competitivo no mercado pelas seguintes razões:

- o preço previsto é competitivo;
- o produto é inovador, a solução é nova;
- o produto apresenta o diferencial de proteger fendas maiores do que os dispositivos no mercado conseguem;
- o produto apresenta flexibilidade quanto a gama de fendas que um mesmo dispositivo consegue proteger – embora não seja a maior do mercado;
- o produto apresenta robustez e segurança;
- o produto apresenta manutenção simples e partes semelhantes para produtos diferentes;
- o produto é de fácil utilização – embora também neste quesito não seja o melhor do mercado.

Por estes motivos a previsão é de que o produto consiga sucesso ao lançar a marca DeBemComAVida no mercado de montanhismo e também tenha êxito comercial apresentando retorno financeiro.

II. Introdução

O montanhismo é uma prática esportiva que vem ganhando novos adeptos a cada ano e, como qualquer atividade de entretenimento e lazer, tende a crescer ainda mais num futuro próximo. No Brasil praticamente todo o equipamento necessário à prática desse esporte é importado, principalmente dos EUA e Europa, e os poucos produtos nacionais disponíveis muitas vezes têm uma qualidade inferior à dos importados. Além disso, os produtos importados chegam ao consumidor no país com preços apreciavelmente elevados. Este fato é devido não apenas aos impostos, mas também à pequena concorrência. Vale também ressaltar a pequena variedade de produtos disponíveis no mercado. Fica então identificado um nicho de mercado promissor com carência de produtos de boa qualidade e preços mais acessíveis.

Posto isso, propõe-se neste trabalho identificar o produto que atenda este mercado e que seja o mais economicamente atraente e, posteriormente desenvolvê-lo até o nível de projeto básico.

Objetiva-se, portanto, desenvolver um produto para montanhismo que seja viável e economicamente interessante.

Para o desenvolvimento do trabalho sob condições mais realistas será necessário a criação de condições de contorno e restrições sob as quais pretende-se criar o produto, para tanto será criada uma empresa fictícia, o que permitirá realizar análises financeiras. A empresa de razão social DeBemComAVida Equipamentos Esportivos Ltda. atua no ramo de equipamentos esportivos não possuindo entretanto uma linha de produtos para montanhismo. Pensando em expandir suas atividades e havendo sido a levantada a oportunidade que o mercado de equipamentos para montanhismo representa, a DeBemComAVida Ltda. pretende lançar um produto para montanhismo, de tal forma a criar-se neste novo mercado. Uma descrição mais detalhada da DeBemComAVida Ltda. encontra-se no item III - Descrição da Empresa.

Para o lançamento do produto julgou-se necessário a realização de uma pesquisa de marketing, que deveria avaliar a real potencialidade do mercado e prover informações para que a escolha do produto seja feita.

Este trabalho será então dividido em mais cinco partes, a saber:

- Descrição da Empresa: onde se descreve a DeBemComAVida Equipamentos Esportivos Ltda. criando-se restrições financeiras de forma permitir uma análise financeira;
- Pesquisa de Marketing: onde se elabora, descreve-se, executa-se e analisa-se a pesquisa de marketing proposta;
- Definição do Produto: onde se escolhe e se define o produto a ser desenvolvido;
- Viabilidade do Projeto: onde avalia-se a viabilidade do produto escolhido.

Pretende-se, cumprindo estas etapas aqui descritas, acumular informações suficientes para realizar o projeto básico do produto escolhido na disciplina Projeto Mecânico II.

III. Descrição da Empresa

A DeBemComAVida Equipamentos Esportivos Ltda. é uma empresa que atua no ramo de equipamentos esportivos, de capital fechado, 100% nacional. A empresa tem porte pequeno, um faturamento anual de R\$1.200.000,00 e 43 funcionários.

A principal linha de produtos da DeBemComAVida Ltda. é voltada para o mercado de equipamentos para musculação, possuindo aí seis diferentes produtos, três diferentes aparelhos de musculação, uma bicicleta ergométrica, uma esteira e um aparelho de *step*.

A linha de produtos para musculação é responsável por aproximadamente 70% do faturamento, entretanto a DeBemComAVida Ltda. não se limita a estes produtos, ela produz algumas peças para molinetes de pesca terceirizadas da Tramontina e fornece equipamentos para quadras poliesportivas e de tênis, sob encomenda. Dos equipamentos para quadras a empresa produz traves, mastros, tabelas e etc, intermediando a construção da fundação.

A DeBemComAVida possui representação de vendas em lojas de departamentos dos seus equipamentos para musculação na Argentina e no Chile, sendo, ainda assim, o Brasil o grande mercado.

Com relação à forma de produção a DeBemComAVida apresenta utilização intensiva de mão de obra, com baixo nível de automação na produção.

A DeBemComAVida apresenta um plano de investimentos objetivando um crescimento do faturamento a médio prazo onde 10% do faturamento estão reservados a novos investimentos. A longo prazo objetiva-se também uma diversificação das linhas de produtos, visando uma estabilização no mercado, além da consagração da marca. A curto prazo as grandes preocupações da empresa são com relação a sua principal linha de produtos e a manutenção da sua fatia de mercado é a meta.

A DeBemComAVida apresentou um grande crescimento nos últimos cinco anos, juntamente com a explosão das academias nas grandes capitais brasileiras, em especial em São Paulo e no Rio de Janeiro. Entretanto no último ano notou-se uma queda no crescimento do mercado, e prevendo-se por este motivo uma estabilização do mercado conseqüente aumento da concorrência da linha de produtos para musculação.

Tendo este cenário em vista a diretoria da DeBemComAVida decidiu expandir-se para outros mercados. O montanhismo foi levantado e escolhido pelas seguintes razões:

- é um esporte que vem crescendo em número de adeptos a cada ano no Brasil;
- o país é deficiente em produtos para a prática deste esporte;
- a nova linha de propagandas que vem sendo utilizada para os cigarros tem nos esportes radicais seu novo foco, a propaganda de massa desta indústria lança padrões de beleza, e dita a moda;
- o montanhismo é praticado em ambientes cercados de natureza, que têm sido cada vez mais procurados pelas pessoas.

Por estas e outras razões menores o montanhismo foi identificado pela diretoria como sendo não apenas uma nova tendência como também um nicho de mercado em potencial.

Visando então criar-se neste novo mercado a DeBemComAVida decidiu lançar um novo produto, de tal forma a tornar-se conhecida e conhecer o mercado do montanhismo para posteriormente, eventualmente, lançar toda uma linha de produtos.

A estabilização do mercado de produtos para musculação está prevista para os próximos três anos, e uma eventual saturação para cinco. Estabelece-se como prazo para o desenvolvimento deste produto como de um ano e meio, de tal forma que o produto possa estar maturado no mercado em dois anos e meio e que a eventual linha de produtos subsequente possa ser lançada em três anos e meio, dois anos depois do lançamento do produto desbravador.

O investimento a ser realizado pela DeBemComAVida Ltda. para o lançamento deste novo produto deverá estar limitado a R\$780.000,00. A empresa tem disponível como capital de giro um total de R\$300.000,00. Também estarão disponíveis outros R\$180.000,00 devido aos 10% do faturamento reservado a investimentos durante o ano e meio até o lançamento do produto. A DeBemComAVida também se dispõe a financiar outros R\$300.000,00 para alavancar o investimento, se necessário.

IV. Pesquisa de Marketing

IV.1. Introdução

Para que a escolha do produto a ser desenvolvido possa ser determinado de forma adequada uma pesquisa de marketing deverá ser realizada de tal forma que o mercado que se pretende atender seja estudado e atendido de forma satisfatória.

A metodologia que Fauze N. Mattar [1] propõe para a execução de uma pesquisa de marketing é conforme a descrição que segue:

1º - Reconhecimento e formulação do problema de pesquisa:

a- Formulação, determinação ou constatação de um problema de pesquisa;

b- Exploração inicial do tema;

2º - Planejamento da Pesquisa:

a- Definição dos objetivos;

b- Estabelecimento das questões de pesquisa e (ou) formulação das hipóteses;

c- Estabelecimentos das necessidades de dados e definição das variáveis e de seus indicadores;

d- Determinação das fontes de dados;

e- Determinação da metodologia:

- determinação do tipo de pesquisa;

- determinação dos métodos e técnicas de coletas de dados;

- determinação da população de pesquisa, do tamanho da amostra e do processo de amostragem;

- planejamento da coleta de dados;

- previsão do processamento e análise de dados;

- f- Planejamento da organização, cronograma e orçamento;

- g- Redação do projeto de pesquisa e (ou) proposta de pesquisa;

3º - Execução da pesquisa:

- a- Preparação do campo:

- construção do pré teste e reformulação dos instrumentos de pesquisa;

- impressão dos instrumentos;

- formação da equipe de campo;

- distribuição do trabalho no campo;

- b- Campo:

- coleta de dados;

- conferência, verificação e correção dos dados;

- c- Processamento e análise:

- digitação;

- processamento;

- análise e interpretação;

- conclusões e recomendações;

4º - Comunicação dos resultados:

- a- Elaboração e entrega dos relatórios de pesquisa;

- b- Preparação e apresentação oral dos resultados.

Esta metodologia proposta foi considerada muito boa, entretanto adaptações serão necessárias para o âmbito da empresa. Limitações de recursos humanos e financeiros e de tempo tornam algumas etapas de pesquisa desnecessárias ou inviáveis e também alteram a forma como algumas das etapas costumam ser realizadas. Este roteiro será então seguido de forma flexível, de acordo com as necessidades e recursos.

IV.2. Reconhecimento e formulação do problema de pesquisa

No início deste projeto chamou-se atenção para um mercado em potencial, o de produtos dedicados à prática do montanhismo. Na intenção de criar um produto que venha a ter êxito comercial que atenda especificamente a este mercado deve-se escolher um produto que seja ao mesmo tempo interessante para os consumidores e seja economicamente interessante para a empresa.

Encontra-se assim determinada as três funções básicas que esta pesquisa de mercado deverá exercer: ajudar a definir o produto a ser desenvolvido, verificar a hipótese feita de que o mercado é economicamente interessante para o produto escolhido, fornecendo assim subsídios para o estudo de viabilidade econômica e promover um conhecimento maior do mercado que se pretende conquistar.

Sendo assim a pesquisa de marketing deverá fornecer informações sobre quem é e quantos são os consumidores deste tipo de produto, quais as necessidades deles, o que o mercado tem disponível e o que falta. A pesquisa será realizada somente na cidade de São Paulo embora tenha em vista o mercado nacional como um todo, pretendendo-se extrapolar os resultados locais para a obtenção dos globais.

O mercado consumidor de produtos para montanhismo, sabe-se de antemão, é constituído principalmente por jovens, majoritariamente por homens, solteiros. A atividade do montanhismo é realizada basicamente nos fins de semana em ambientes tipicamente afastados dos centros urbanos, embora a escalada esportiva possa ser praticada em academias na cidade.

São Paulo possui hoje por volta de cinco ou seis lojas especializadas neste tipo de equipamento consagradas, possui também duas ou três academias de escalada esportiva dotadas de paredes artificiais. O equipamento consumido é em sua maioria importado, havendo apenas algumas

poucas importadoras/distribuidoras de equipamento que atende às necessidades do varejo. O equipamento feito no Brasil é praticamente todo produzido por microempresas de produção bastante “artesanal”, o que limita a quantidade de produção (logo também o preço) e também a gama tipos de produtos tecnicamente viáveis.

Vale uma explicação aqui sobre o montanhismo, montanhismo é a terminologia purista para o lugar comum “alpinismo”. Entretanto, no âmbito deste projeto, quando se fala em produtos para montanhismo, a visão deve ser um pouco mais abrangente. O montanhismo em si é dotado de uma série de modalidades diferentes que exigem equipamentos muito distintos, são elas: escalada esportiva (que pode ser em rocha ou artificial), big wall (escalada em rocha de grandes paredes), escalada em gelo, escalada mista, escalada alpina e alta montanha. Além disso o equipamento para montanhismo também atende uma série de outras atividades adjacentes: camping, trekking (caminhadas), salvamento e resgate, canyoning e espeleologia. Neste estudo, então, quando se fala em equipamento para montanhismo, engloba-se toda esta gama de atividades. O Brasil não possui altas montanhas, sendo portanto impossível praticar escalada em gelo ou mista no país, as grandes paredes de rocha também são raras aqui, entretanto existem os brasileiros que praticam as modalidades no exterior, especialmente nos Andes. Embora estas pessoas existam em número bem inferior aos que praticam as outras modalidades a quantidade de equipamento necessário por indivíduo é também bem maior.

IV.3. Planejamento da Pesquisa

IV.3.1. Definição dos Objetivos

Como foi descrito acima, resumidamente, os objetivos desta pesquisa de marketing são definir o produto a ser desenvolvido e verificar a hipótese feita de que o mercado é economicamente interessante para o produto escolhido, além de se obter informações mais concretas sobre o mercado de montanhismo.

IV.3.2. Estabelecimento das questões de pesquisa

As questões de pesquisa são a primeira estruturação dos dados necessários, esta transição do subjetivo para o objetivo deve ser feita de forma conscienciosa de forma a atender os objetivos de forma completa e, ao mesmo tempo não desperdiçar os recursos empenhados na pesquisa.

Primeiramente um levantamento das questões relevantes foi feito, para posterior seleção das mais importantes. As questões consideradas relevantes para os objetivos da pesquisa são as seguintes:

1- Qual é a dimensão do mercado para o novo produto?

- a. Quantos são os praticantes do montanhismo no Brasil?
- b. Qual é o poder aquisitivo / classe social destas pessoas?
- c. Quanto deste poder é dedicado à produtos para montanhismo?
- d. Quanto seria dedicado ao novo produto? (Estimativa de demanda)
- e. Previsão de crescimento.

2- Quem são os consumidores de produtos para montanhismo?

- a. Sexo.
- b. Idade.
- c. Estado civil
- d. Poder aquisitivo / classe social. (1b)
- e. Qual(is) a(s) modalidade(s) de montanhismo que pratica?
- f. Perfil do consumidor:
 - atitudes.
 - costumes.

g. Quais as necessidades dos consumidores nesta área específica?

3- Como o consumidor compra?

a. Qual é o critério de escolha para a compra?

- preço
- qualidade
- marca
- estética
- ...

b. Faz pesquisa de preço?

c. Compra quando precisa ou por impulso?

4- Sobre o produto:

a. Quais as principais deficiências do mercado em termos de variedade?

b. Quais os produtos existentes que não satisfazem o consumidor?

c. Quais os produtos existentes com relação custo / benefício mais elevada?

d. Que produtos são vendidos e em que proporção?

e. Que produtos são requisitados e não estão disponíveis?

f. Produtos que satisfazem / não satisfazem?

Estas foram todas as questões consideradas relevantes para solucionar o problema de pesquisa, entretanto uma seleção dentre estas pode atender aos objetivos tão bem quanto e demandar substancialmente menos recursos. Pensando neste aspecto foi feita a seguinte seleção das questões de pesquisa, que são as que deverão ser respondidas:

1- Qual é a dimensão do mercado para o novo produto?

- a. Quantos são os praticantes do montanhismo no Brasil?
- b. Qual é o poder aquisitivo / classe social destas pessoas?

2- Quem são os consumidores de produtos para montanhismo?

- a. Sexo.
- b. Idade.
- c. Estado civil.
- d. Qual(is) a(s) modalidade(s) de montanhismo que pratica?

3- Como o consumidor compra?

a. Qual é o critério de escolha para a compra?

- preço
- qualidade
- marca
- estética
- ...

b. Faz pesquisa de preço?

4- Sobre o produto:

- a. Quais as principais deficiências do mercado em termos de variedade?
- b. Quais os produtos existentes que não satisfazem o consumidor?
- c. Quais os produtos existentes com relação custo / benefício mais elevada? (parecida com a b)

- d. Que produtos são vendidos e em que proporção?
- e. Que produtos são requisitados e não estão disponíveis?
- f. Produtos que satisfazem / não satisfazem? (parecida com b e c)

IV.3.3. Determinação das fontes de dados

Quatro são os diferentes tipos de fontes de dados em pesquisa de marketing:

- o próprio pesquisado;
- pessoas que tenham informações sobre o pesquisado;
- situações similares;
- dados disponíveis.

Os dados em pesquisa de marketing podem ser divididos entre primários e secundários, sendo que os secundários são aqueles que já foram coletados enquanto que os outros não, estão ainda de posse dos pesquisados.

As fontes de dados secundários são várias:

- dados secundários internos;
- publicações;
- governos;
- instituições não governamentais;
- serviços padronizados de informação de marketing;
- *internet*.

A utilização de dados secundários geralmente resulta em economia de tempo, dinheiro e esforços, entretanto neste caso em especial eles não serão considerados como uma ajuda tão especial porque não existem dados secundários internos disponíveis, arquivos de publicações,

governos e instituições não governamentais serão de acesso relativamente difícil e como a relevância do montanhismo é um fato novo provavelmente pouco se encontrará sobre o assunto nestas fontes, serviços padronizados de informação de marketing custam um dinheiro não disponível. A *internet* será a única fonte de dados secundários a ser pesquisada, naturalmente podem vir a surgir dados de publicações, governos ou outras instituições por este meio.

Uma vez realizado o levantamento de dados secundários, uma definição da necessidade de dados primários deve ser realizada.

Pretende-se utilizar duas fontes de dados primários: a primeira, o próprio pesquisado e a segunda, o levantamento de experiência de pessoas destacadas no meio do montanhismo por suas habilidades ou por sua posição profissional (uma técnica exploratória). Donos de lojas e distribuidoras de produtos são as pessoas em mente, a princípio.

IV.3.4. Necessidades de dados, Variáveis e Indicadores

As necessidades de dados estão praticamente definidas pelas questões propostas no item III.2 uma vez que praticamente todas as questões são bastante diretas. Apenas a questão 1.b necessitará de indicadores para respondê-la. Os indicadores serão os propostos pelo critério da ABIPEME e serão descritos ainda neste item.

As questões 1.a e a 4.d não são questões aplicáveis diretamente ao pesquisado (a 1.a certamente não e a 4.d não de forma simples) estas questões deverão ser respondidas de forma alternativa, por fontes secundárias de dados.

Lista-se abaixo as variáveis a serem medidas na pesquisa:

- . número de praticantes de montanhismo no Brasil;
- . a classe social destas pessoas:
 - número de televisores
 - número de rádios
 - número de banheiros

- número de automóveis
- número de empregadas mensalistas
- posse de aspirador de pó
- posse de máquina de lavar roupa
- posse de videocassete
- posse de geladeira
- grau de instrução do chefe da família;
- . sexo destas pessoas;
- . idade destas pessoas;
- . estado civil destas pessoas;
- . critério de escolha para a compra de produtos para montanhismo;
- . se há pesquisa de preço;
- . se há deliberação de compra;
- . deficiências do mercado em variedade;
- . produtos que satisfazem / não satisfazem;
- . produtos requisitados e não disponíveis;
- . quantidade de cada produto / tipo de produto vendido.

IV.3.5. Determinação da metodologia

IV.3.5.a. Determinação do tipo de pesquisa

São três os tipos de pesquisa reconhecidos por Mattar [1]:

- pesquisa exploratória;
- pesquisa conclusiva descritiva;
- pesquisa conclusiva causal.

A pesquisa que se pretende aqui realizar necessita ter um pouco dos dois primeiros tipos para ser atendida.

A pesquisa exploratória visa fornecer ao pesquisador um maior aprofundamento sobre o tema pesquisado. Uma vez que o conhecimento do pesquisador é limitado sobre o assunto, a pesquisa a ser realizada deverá fornecer dados para suprir essa deficiência.

Para que sejam respondidas as perguntas estruturadas propostas e que sejam obtidos os resultados objetivos desejados uma pesquisa do tipo conclusiva descritiva será necessária.

IV.3.5.b. Determinação dos métodos e técnicas de coletas de dados

Dois são os métodos básicos de coleta de dados primários numa pesquisa de marketing: o método da comunicação e o da observação; os nomes são auto-explicativos. O método escolhido para a realização deste trabalho foi o método da comunicação por ser mais simples, exigir menos experiência e menos recursos. O método da observação seria tipicamente utilizado para pesquisas mais elaboradas que a que se propõe realizar.

Dentro do método da comunicação pode-se classificar os meios de coleta de dados quanto ao seu grau de estruturação e quanto ao seu grau de disfarce. Pretende-se realizar uma coleta de dados totalmente não disfarçada por dois motivos, primeiro porque acredita-se que para o caso particular desta pesquisa o não disfarce das perguntas não virá a trazer vieses das respostas e também porque uma pesquisa disfarçada exige uma maior elaboração, que não se justifica aqui, dos instrumentos de pesquisa e da análise dos resultados.

Quanto à estruturação da pesquisa pretende-se que seja o mais estruturada possível, de tal forma a facilitar a análise dos dados, minimizando a utilização de recursos humanos para esta tarefa. Entretanto, pelas perguntas formuladas, não será possível uma completa estruturação do questionário uma vez que nem todas as questões são objetivas.

Também pela facilidade de aplicação da pesquisa foi escolhida como forma do instrumento de coleta de dados o questionário auto-preenchido. Este tipo de instrumento apresenta uma série de limitações quando comparado com entrevistas pessoais por exemplo, entretanto a limitação de recursos na aplicação da pesquisa é fator determinante.

Pretende-se também realizar entrevistas “informais” com donos de lojas / vendedores de tal forma a responder algumas perguntas que não podem ser respondidas pelos pesquisados.

IV.3.5.c. População de pesquisa, Tamanho da amostra e Amostragem

A população a ser pesquisada é a dos consumidores de equipamentos para montanhismo na cidade de São Paulo. A cidade de São Paulo é o limite geográfico da pesquisa, entretanto espera-se poder fazer inferências a respeito dos mesmos dados para o Brasil e eventualmente para o Mercosul.

A amostragem realizada é probabilística, a amostra é aleatória simples. Os questionários foram distribuídos para clientes de lojas de equipamentos para montanhismo.

O tamanho da amostra realizada foi avaliado pelo seguinte cálculo:

O tamanho da amostra (n) é função do erro (e) e da confiabilidade especificados, do tamanho da população (N) e da variância (σ^2) das variáveis medidas.

O erro especificado foi de 10% e a confiabilidade de 95%. Avaliou-se a população como contendo aproximadamente 50.000 elementos. Considerou-se também que a população apresenta uma uniformidade relativamente grande, estimando-se o desvio padrão (σ) da medida em 25% da média.

Com estes valores em mãos pode-se calcular o tamanho da amostra necessária através de:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot \sigma^2}{e^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot \sigma^2}$$

onde $Z = 2$ para confiabilidade de 95%.

$n = 25$.

O número de 25 amostras foi considerado adequado aos recursos disponíveis e às necessidades da pesquisa.

IV.3.5.d. Planejamento da coleta de dados

São seis as principais lojas de equipamentos para montanhismo em São Paulo:

ACAMPAR	Av. Bernardino de Campos, 98	T: 884-9694
ALPIMONTE	R. Pedro de Toledo, 999	T: 573-6249
CASA DO MONTANHISTA	Al. Campinas, 244	T: 289-6290
HALF DOME	R. Dr. Vila Nova, 321	T: 255-4331
K2:	R. Antonio Carlos, 401	T: 284-1260
PÉ NA TRILHA	R. Apeninos, 803	T: 289-6623

Tabela 4.1: Lojas de produtos para montanhismo.

Os questionários foram distribuídos nestas lojas aos vendedores para que estes dessem aos clientes para respondê-los, para serem recolhidos ao final de uma semana.

IV.4. Execução da Pesquisa

IV.4.1 Instrumento de pesquisa

O instrumento de pesquisa elaborado constituiu-se das seguintes perguntas:

1. Marque no quadro abaixo o número de cada um dos itens listados que você possui na sua casa:

Televisor em cores	0__	1__	2__	3__	4__	5__	6 ou mais__
Rádio	0__	1__	2__	3__	4__	5__	6 ou mais__
Banheiro	0__	1__	2__	3__	4__	5__	6 ou mais__
Automóvel	0__	1__	2__	3__	4__	5__	6 ou mais__
Empregada mensalista	0__	1__	2__	3__	4__	5__	6 ou mais__

2. Você possui em casa?

Aspirador de pó:	sim__	não__
Máquina de Lavar Roupas:	sim__	não__
Videocassete:	sim__	não__
Geladeira:	sim__	não__

3. Qual o grau de instrução do chefe da sua família?

☐ Analfabeto ou primário incompleto
☐ Primário completo (4ª série do 1º grau completa)
☐ Ginásio completo (1º grau completo)
☐ Colegial completo (2º grau completo)
☐ Superior completo

4. Sexo: M__ F__

5. Idade: ____ anos

6. Estado civil: _____

7. Que modalidades do montanhismo (e atividades associadas) você pratica? (marque quantas quiser)

☐ escalada em rocha	☐ escalada em muros artificiais	☐ escalada alpina
☐ big wall	☐ escalada em gelo	☐ escalada mista
☐ alta montanha	☐ camping	☐ trekking / caminhadas
☐ canyoning	☐ espeleologia	☐ salvamento e resgate

8. O que você leva em consideração quando compra um produto para montanhismo? (numere segundo a importância, primeiro para o mais importante)

__ preço __ qualidade __ marca
__ estética __ utilidade __ confiabilidade
__ durabilidade __ garantia
__ outros. Quais? _____

9. Você pesquisa preços antes de comprar produtos para montanhismo?

__ sim __ não

10. Existe algum produto para montanhismo que você gostaria de adquirir e que não encontra nas lojas aqui em São Paulo?

__ não

__ sim. Qual(is)? _____

11. Existe algum produto para montanhismo que você possua e que não lhe satisfaz?

__ não

__ sim. Qual(is)? _____

Por que? _____

12. Existe algum produto para montanhismo que você possua que lhe satisfaz em especial?

__ não

__ sim. Qual(is)? _____

Por que? _____

Como pode ser notado o questionário possui duas partes distintas, a primeira composta de perguntas completamente estruturadas que permitem a realização de uma análise estatística da população, são as perguntas de 1 a 9. As três últimas perguntas são perguntas semi-abertas que permitem avaliar nichos de mercado.

As três primeiras perguntas são relativas à avaliação da classe social do pesquisado. Elas foram formuladas segundo o critério da ABIPME e permitem a seguinte avaliação:

Item		Número de Itens possuídos						
		0	1	2	3	4	5	6 ou mais
Televisor em cores	Pontuação	0	4	7	11	14	18	22
Rádio		0	2	3	5	6	8	9
Banheiro		0	2	5	7	10	12	15
Automóvel		0	4	9	13	18	22	26
Empregada mensalista		0	5	11	16	21	26	32
Posse de:								
Aspirador de pó		Pontos: 6						
Máquina de lavar roupa		8						
Videocassete		10						
Geladeira		7						
Grau de Instrução do chefe da família								
Analfabeto ou primário incompleto		Pontos: 0						
Primário completo (4ª série do 1º grau completa)		5						
Ginásio completo (1º grau completo)		10						
Colegial completo (2º grau completo)		15						
Superior completo		21						

Tabela 4.2: Pontuação do critério da ABIPME para divisão de classes sociais

A partir desta pontuação pode-se definir o corte entre as classes da seguinte maneira:

	Nº de pontos (com 5 classes)
Classe A	89 ou mais
Classe B	de 59 a 88
Classe C	de 35 a 58
Classe D	de 20 a 34
Classe E	de 0 a 19

Tabela 4.3: Faixas de corte para cinco classes.

O instrumento de pesquisa elaborado encontra-se em anexo completo e com a formatação utilizada.

IV.4.2. Coleta de dados

Os dados foram coletados nas seis lojas conforme previsto. Foram distribuídos 36 questionários no total, prevendo-se uma “inadimplência”, apesar de ter-se estabelecido uma amostra de 25 elementos.

Entretanto, após uma semana nas lojas apenas 13 dos 36 questionários foram preenchidos e após duas apenas vinte no total. Recalculando-se o erro em função dos outros parâmetros estabelecidos obtém-se um valor de 11,2%, valor bastante aceitável. Sendo assim, uma vez que o prazo para a execução da pesquisa já havia vencido, a amostra de apenas vinte elementos foi a utilizada para a análise dos resultados.

IV.5. Resultados

IV.5.1 Resultados obtidos

Conforme o questionário descrito no item IV.4.1 nota-se que o mesmo pode ser dividido em duas partes. A primeira parte é constituída de questões estruturadas e diretas, muitas vezes quantitativas, já a segunda parte é formada por questões abertas e de opinião. Os resultados obtidos referentes à primeira parte, que correspondem às questões de 1 até a 9, encontram-se abaixo:

Classe Social

Classe A	5 pesquisados
Classe B	11 pesquisados
Classe C	4 pesquisados
Média	B
Moda	B

Sexo

Masculino	17 pesquisados
Feminino	3 pesquisada

Idade

10 - 17 anos	2 pesquisados
18 - 25 anos	10 pesquisados
26 - 30 anos	4 pesquisados
31 - 40 anos	3 pesquisados
41 anos ou mais	1 pesquisado
Média	26,4 anos

Estado Civil

Casado	6 pesquisados
Solteiro	13 pesquisados
Juntado	1

Modalidades (porcentagem dos pesquisados que praticam)

Escalada em rocha	60,0%
Big wall	10,0%
Alta montanha	5,0%
Canyoing	25,0%
Escalada em muros artificiais	55,0%
Escalada em gelo	10,0%
Camping	55,0%
Espeleologia	25,0%
Escalada Alpina	10,0%
Escalada Mista	10,0%
Trekking / Caminhadas	80,0%
Salvamento e resgate	20,0%

Moda	Trekking / Caminhadas
------	-----------------------

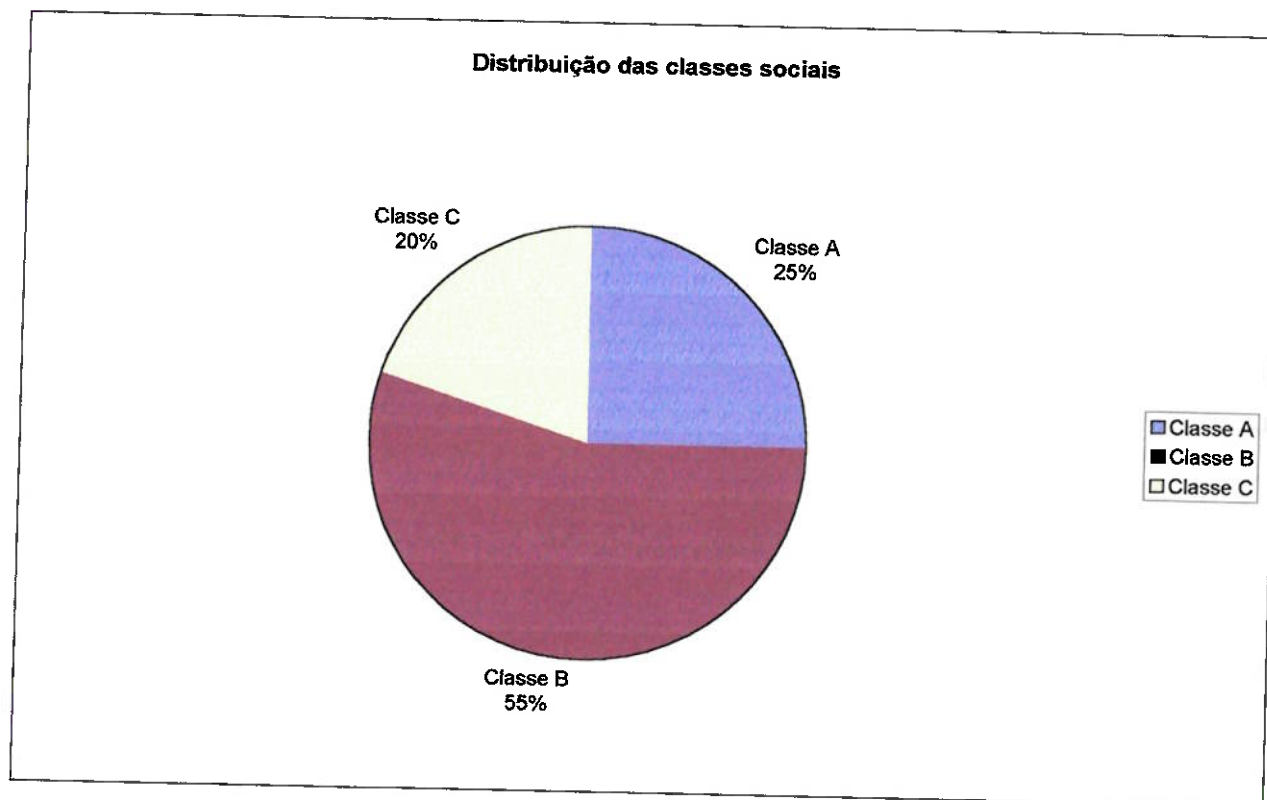
Crêterios

Qualidade	1�
Confiabilidade	2�
Preço	3�
Utilidade	4�
Durabilidade	5�
Marca	6�
Garantia	7�
Est�tica	8�
Outros	9�

Pesquisa Preço

Sim	17 pesquisados
Não	3 pesquisados

Estes resultados podem ser representados pelos seguintes gráficos:



Gráfico 4.1: Distribuição das classes sociais da população.

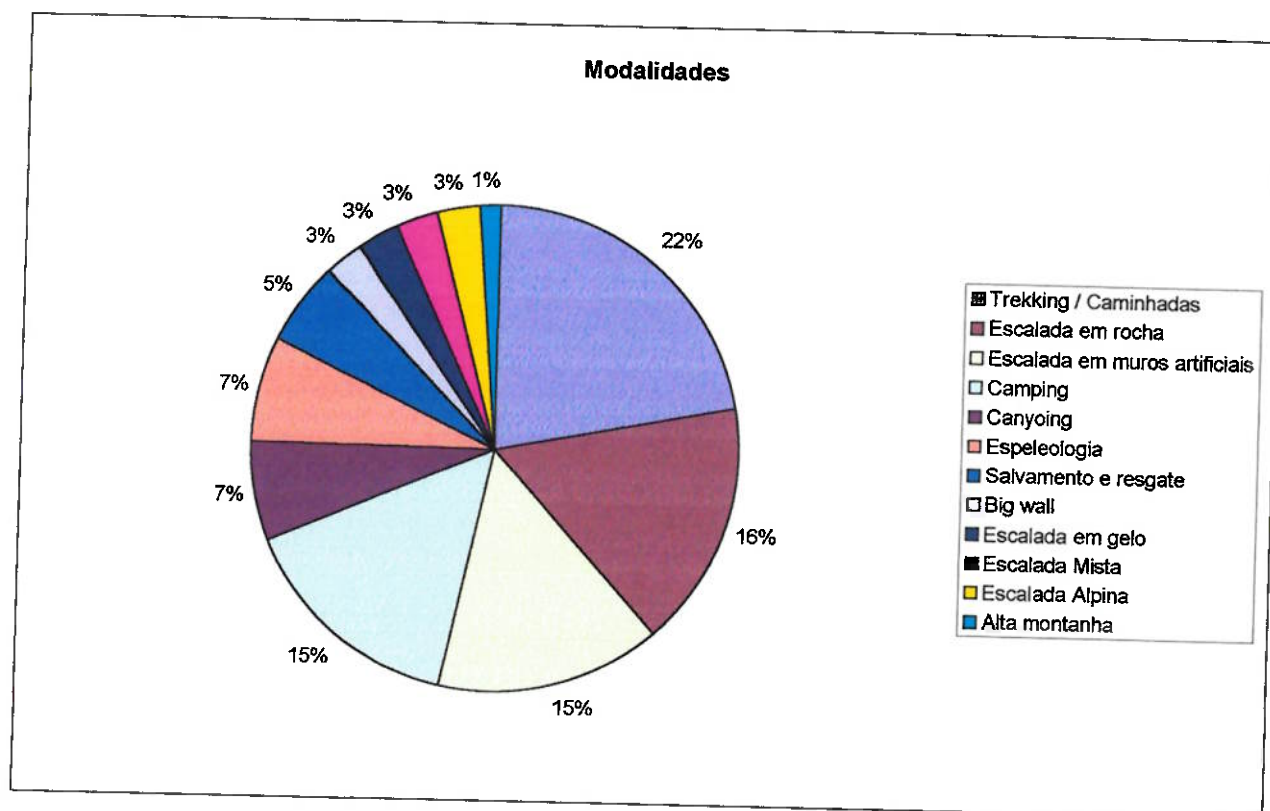


Gráfico 4.2: Distribuição da incidência de prática das modalidades de montanhismo.

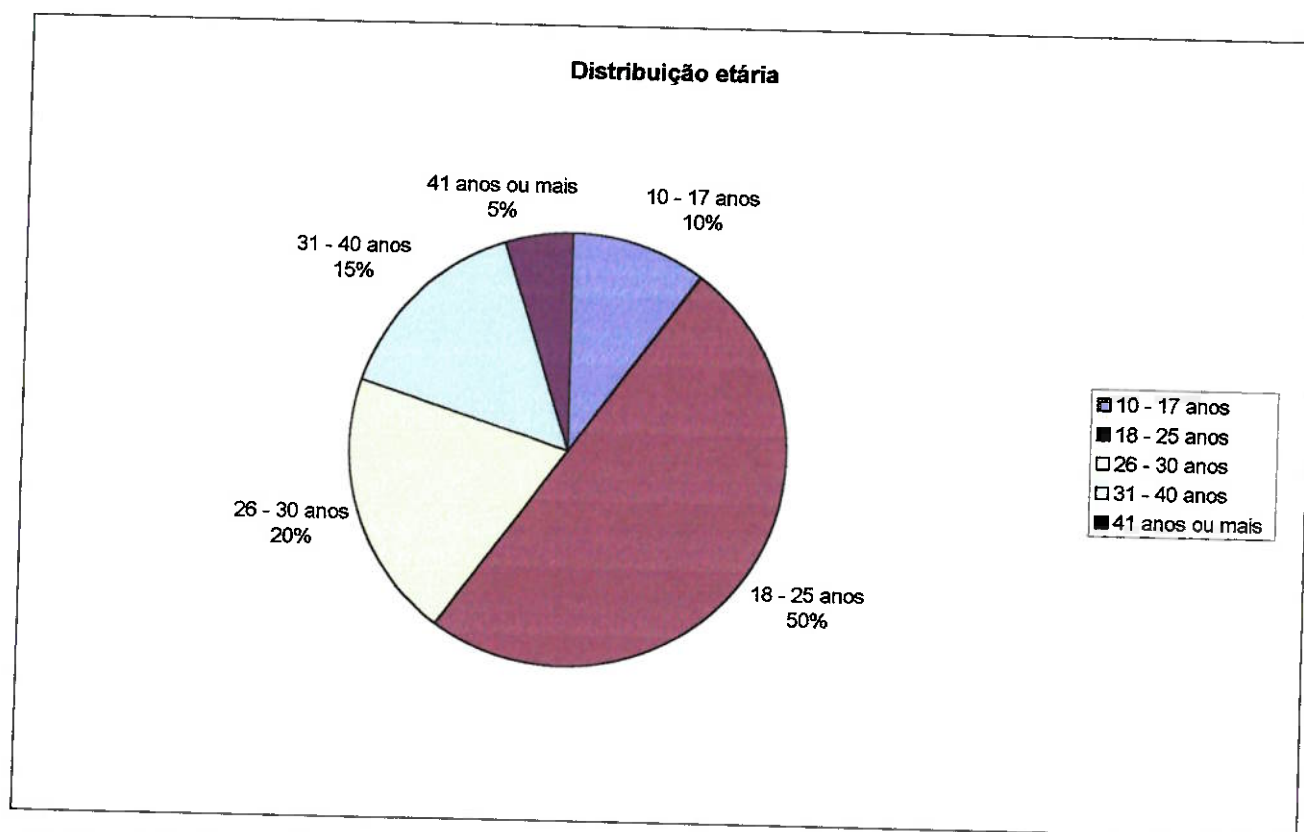


Gráfico 4.3: Distribuição etária da população.

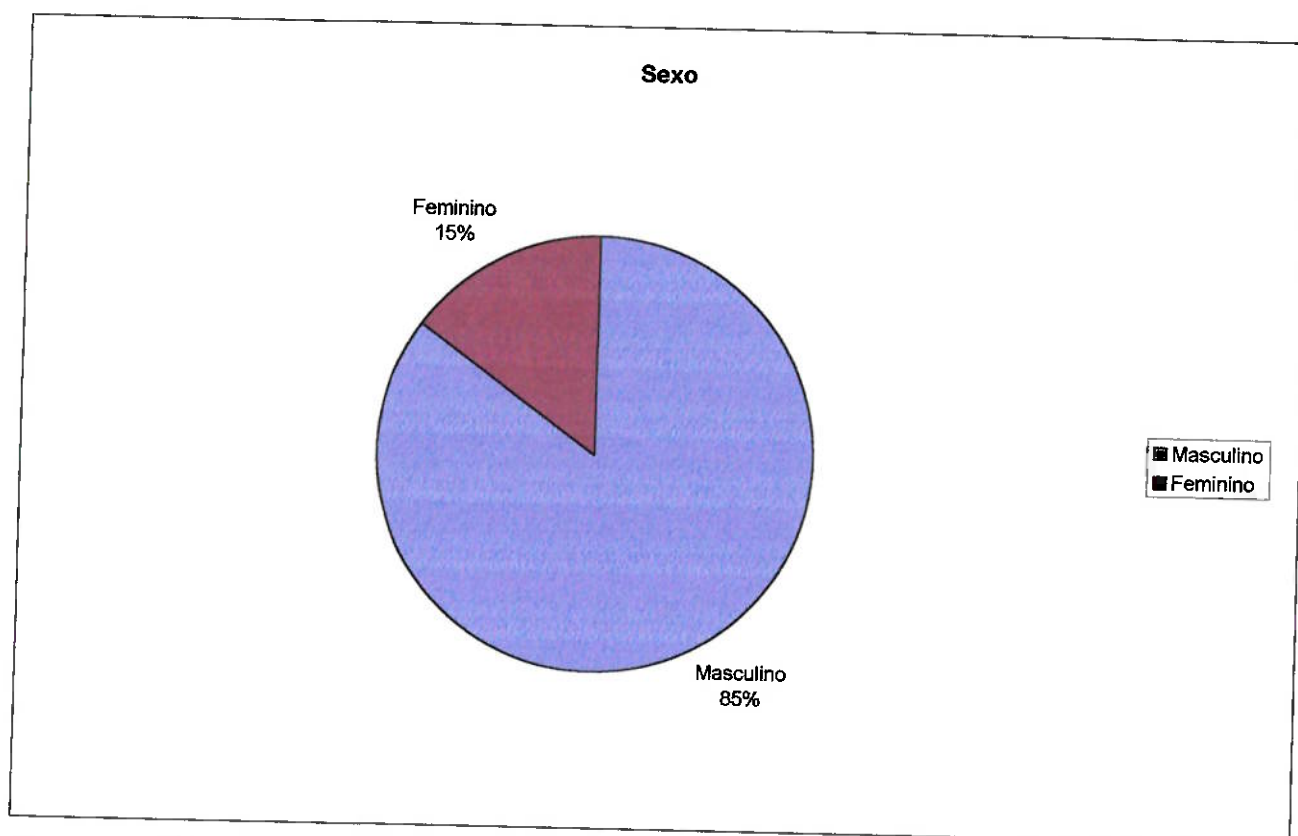


Gráfico 4.4: Distribuição do sexo da população.

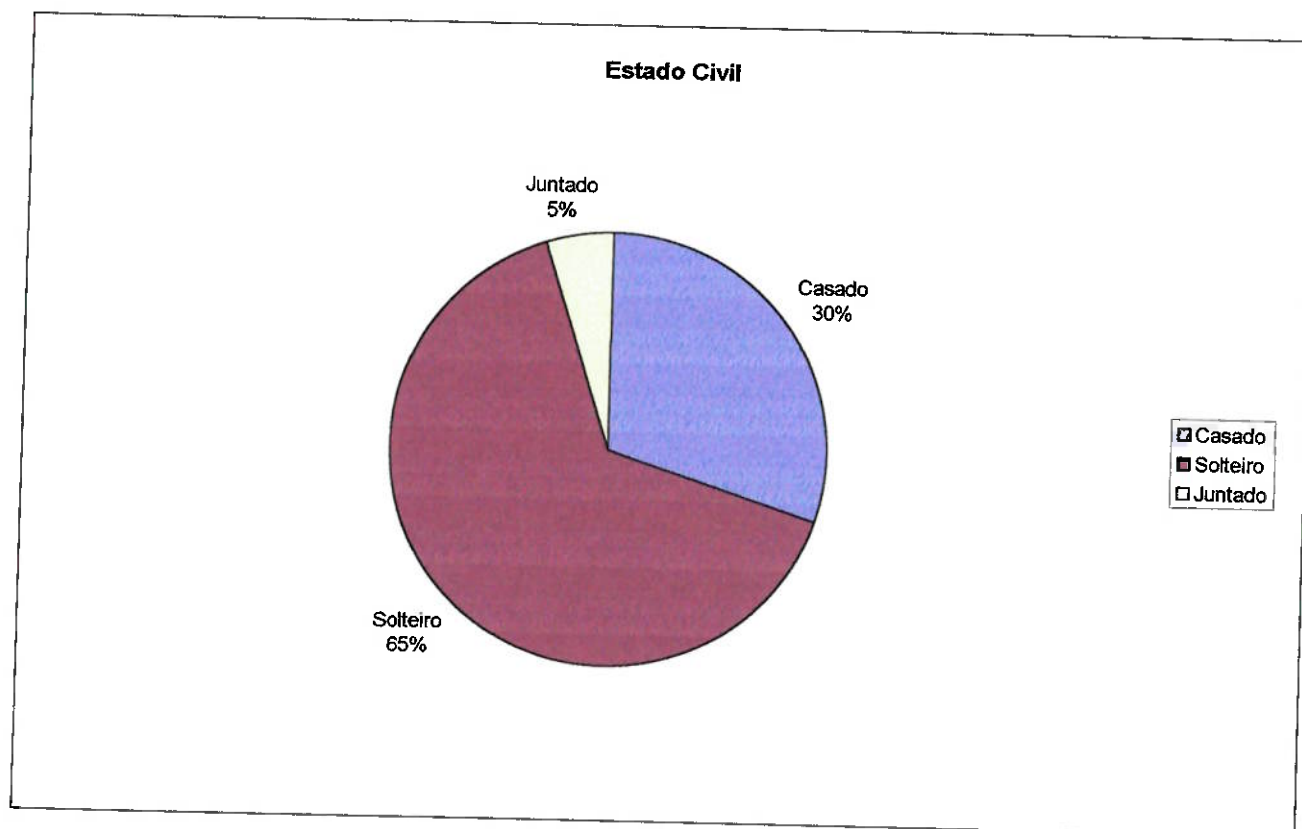


Gráfico 4.5: Estado Civil da população.

Com relação à segunda parte do questionário os dados obtidos foram considerados apenas quando o pesquisado demonstrou sua opinião, ou seja quando respondeu sim às questões. Estes dados serão tratados desta maneira porque, analisando as respostas obtidas, pôde-se notar que aqueles que responderam não à estas questões o fizeram por preguiça ou para se livrar logo da pesquisa, pode-se afirmar isso porque a maioria dos pesquisados que o fizeram, responderam não para as duas últimas questões, que são praticamente complementares.

Um levantamento das opiniões expressadas pode ser resumido pelo seguinte:

. Produto de montanhismo que não encontra nas lojas em São Paulo:

- porta ledge
- saco de arrasto
- equipamentos para big wall
- equipamentos para escalada em gelo
- barracas para alta montanha leves e baratas
- pastilhas para purificar água
- comida
- marcas Freedom, Bonatti, Stubai

. Produto que não satisfaz:

- Bota nacional → produto fraco
- grampos nacionais →

. Produto que satisfaz em especial:

- Bota Salomon → confortável e bonita
- Cadeirinhas Petzl e Black Diamond → conforto e confiabilidade
- Barraca Kelty → conforto e confiabilidade

- Botas Acampar → confortáveis e excelente qualidade
- Fleecees Sierra Design → confortáveis e excelente qualidade
- Mochila Acampar (2x) → extrema qualidade, útil, durável, confortável
- Botas Acampar → durabilidade e conforto
- Cadeirinha → segurança
- ATC → segurança
- marca Petzl →
- Grigri Petzl → segurança
- tênis → versátil e confortável
- bota → confortável
- mochila cargueira → confortável
- mosquetão chaveiro →
- mochila McKinley da Acampar →

IV.5.2. Análise dos Resultados

Dados os resultados obtidos pela pesquisa de marketing realizada e apresentados no item anterior pode-se ter uma boa idéia sobre quem são os consumidores de produtos para montanhismo e quais as suas vontades.

Os consumidores de produtos para montanhismo apresentaram um perfil predominantemente masculino, solteiro, com idade média de 26,4 anos. A divisão em classes sociais dos pesquisados foi feita em cinco diferentes classes, de A a E. Tanto a moda quanto a média dos pesquisados ficou na faixa de pontos da classe B, média alta. Fazendo-se então uma análise deste perfil nota-se um elevado poder aquisitivo destes consumidores, sendo que existe uma grande

disponibilidade deste capital, uma vez que a maioria da população de pesquisa é solteira e jovem, não sendo portanto arrimos de família.

As modalidades mais praticadas dentre as levantadas se destacaram três:

- trekking / caminhadas
- escalada em rocha
- escalada em muros artificiais

Destacando-se o trekking e as caminhadas como moda.

Apesar do trekking e caminhadas terem sido a moda entre os pesquisados esta modalidade fica atrás das outras duas modalidades destacadas, quando se pensa em produzir um produto para atender às necessidades desta modalidade, por dois motivos: o equipamento necessário para a realização de caminhadas é pequeno quando comparado com o das outras duas modalidades e além disso as necessidades desta modalidade são as que se encontram melhor atendidas, como se pode notar pelos resultados da segunda parte da pesquisa, onde botas e mochilas nacionais (principais equipamentos para caminhada) aparecem com frequência entre os produtos que satisfazem.

Entre os dois tipos de escalada escolheu-se atender às necessidades dos praticantes da escalada em rocha porque, além de sair um pouco à frente na pesquisa a quantidade de equipamento necessária à escalada em rocha é maior e, além disso os produtos para escalada em muros artificiais na maioria dos casos são coincidentes com os utilizados na rocha, o que quer dizer que uma atividade é praticamente englobada pelos equipamentos da outra.

Outro aspecto importante levantado na pesquisa foi o critério de escolha de produtos utilizados pelos pesquisados na compra de produtos para montanhismo, destacaram-se:

- qualidade (1º)
- confiabilidade (2º)
- preço (3º)

Avaliou-se também que 85% dos pesquisados pesquisam preço antes de comprar produtos para montanhismo.

Com isso tem-se que estes três critérios devem ser tidos em conta de forma relevante durante o desenvolvimento do produto.

V. Definição do Produto

V.1. Escolha do Produto

Conforme definido na análise dos resultados da pesquisa de marketing a modalidade escolhida como a mais interessante para ter suas necessidades atendidas foi a de escalada em rocha.

Neste âmbito foram levantadas as necessidades para a prática desta modalidade.

V.1.1. Determinação das Necessidades

Um levantamento das necessidades de um montanhista foi realizado e pode ser descrito pela lista a seguir.

Como necessidades primárias levantou-se:

- fixação
- vestimenta
 - normal
 - isolamento térmico
- comida
- água
- equipamentos de segurança (cadeirinha + corda + ferragens)
- ascensão / descensão
- transporte de cargas
- equipamentos auxiliares
- iluminação

As necessidades secundárias são

- aquecimento de comida

- abrigo
- orientação
- serviços
- informação
- formação
- acessórios de camping
- fogo

Para atender-se a cada uma destas necessidades podem existir um ou mais produtos, entretanto, considerando-se cada necessidade como um problema a ser resolvido por uma solução tem-se uma melhor delimitação do âmbito do que propriamente se a escolha fosse feita apenas pelas unidades dos produtos, porque a escolha da necessidade deixa margem para eventuais projetos inovadores, a serem escolhidos numa fase mais evoluída do projeto.

V.1.2. Critérios de Escolha

Foram seis os critérios de escolha entre as necessidades escolhidos:

- lucratividade: se referindo ao lucro total estimado para um produto que atenda àquela necessidade;
- prazo de implementação: avaliando o prazo de implantação do produto;
- investimento total: considera o investimento total estimado para o lançamento do produto;
- risco: avaliando o risco envolvido com o lançamento do produto;
- coincidência com objetivos: com relação ao quanto o produto a ser produzido converge com os objetivos da DeBemComAVida;
- afinidade: julga a afinidade do tipo de produto a ser produzido com a linha de produtos atuais da empresa.

Para a avaliação de cada uma das necessidades por cada um dos critérios foram atribuído valores subjetivos numa escala de três do tipo: alto, médio e baixo ou equivalente. Esta avaliação pode ser resumida pela matriz a seguir:

	Lucratividade	Prazo de Implementação	Investimento Total	Risco	Coincidência c/ Objetivos	Afinidade
fixação	alta	médio	grande	médio	alta	alta
vestimenta normal	média	médio	médio	alto	média	baixa
comida	média	médio	médio	médio	média	baixa
água	baixa	curto	pequeno	baixo	baixa	baixa
equipamentos de segurança	alta	médio	grande	médio	alta	alta
equipamentos auxiliares	média	curto	pequeno	baixo	baixa	baixa
ascensão / descensão	média	médio	grande	médio	alta	alta
transporte de cargas	média	médio	médio	médio	média	baixa
iluminação	baixa	médio	médio	médio	média	média
orientação	baixa	médio	baixo	médio	baixa	baixa
serviços	alta	médio	médio	alto	média	baixa
informação	média	médio	médio	alto	baixa	baixa
formação	média	curto	pequeno	médio	baixa	baixa
vestimenta isolamento térmico	média	médio	médio	alto	média	baixa
aquecimento de comida	média	médio	médio	médio	média	média
abrigo	alta	médio	médio	médio	média	média
acessórios de camping	média	curto	pequeno	médio	média	média
fogo	baixa	curto	pequeno	pequeno	baixa	baixa

Tabela 5.1: Matriz auxiliar de decisão.

Com as avaliações levantadas na matriz acima pode-se destacar duas das necessidades como sendo mais interessantes: a fixação e os equipamentos de segurança pelos seguintes motivos: ambas apresentam possibilidade de altos lucros, apresentam uma alta coincidência com os objetivos da DeBemComAVida, em especial porque são um tipo de produto como qual a marca é associada com frequência e importância e, além disso tudo, apresentam um bom ou pelo menos aceitável desempenho no outros critérios. Entre as duas escolhe-se a fixação como a necessidade a ser atendida por dois critérios de desempate com os equipamentos de segurança. Em primeiro lugar os equipamentos de segurança aparecem com certa frequência entre os produtos que agradam os consumidores em especial na pesquisa de marketing. Além disso tem que se levar em consideração o fato de que os equipamentos de segurança são tipicamente comprados de marcas consagradas, pois a necessidade de confiabilidade e qualidade tem de ser

irrefutáveis na compra destes equipamentos, não sendo portanto um bom produto para o lançamento de uma marca no mercado. Pode-se alegar que os elementos de fixação também são parte da segurança do montanhista, entretanto o nível de responsabilidade é bem menor, uma vez que uma falha em um elemento de fixação representa uma queda até o próximo elemento, enquanto que uma falha num equipamento pessoal de segurança representa invariavelmente uma queda até o chão, com consequências tipicamente bem mais sérias.

V.2. Objetivos e Requisitos do Produto

Sendo assim conforme descrito no item anterior o produto a ser desenvolvido deve atender à necessidade de fixação do montanhista. A fixação para o montanhista é uma necessidade básica, todo o seu sistema de segurança é baseado e apoiado nos dispositivos de fixação. Da fixação depende a parada segura na rocha e são também os dispositivos de fixação que prendem à rocha os equipamentos de segurança. Enfim, a princípio todo equipamento básico para montanhismo é o conjunto dos equipamentos de segurança, e o funcionamento deste depende totalmente da existência e funcionamento dos dispositivos de fixação.

Conforme avaliado pela pesquisa de marketing realizada existe campo para melhorias nos equipamentos para fixação. Estas melhorias podem advir de inovações nos equipamentos existentes ou em preços mais baixos que os praticados pelos comerciantes para produtos equivalentes. Existem atualmente no mercado diversos tipos de dispositivos de fixação que vão desde simples pinos a complicados dispositivos com mecanismos de camos.

O produto tem como público alvo o mercado dos montanhistas, em especial aqueles que praticam a escalada em rocha.

No item III deste projeto - Descrição da Empresa - foi definido o prazo para lançamento do produto no mercado em um ano e meio. Entretanto o seu ciclo de vida não foi especificado. O produto deve se manter pelo menos até que o restante da linha de produtos seja lançada e atinja sua maturidade, o que leva a um ciclo de vida de pelo menos 4 a 5 anos. Alternativas para este problema já foram bastante exploradas a nível internacional, o que leva a crer que novidades e inovações não venham a surgir num prazo muito pequeno. Pode-se determinar então um ciclo de vida maior do que o mínimo mencionado acima, mesmo que alterações no produto sejam necessárias ao longo de sua vida. Uma vida de dez anos para o produto permite que o mesmo se

mantenha competitivo durante todo o prazo e permite que o mesmo cumpra suas funções para com a empresa, sendo esta portanto a vida especificada para o produto.

Como são vários os tipos de dispositivos que atendem à necessidade de fixação não é possível estabelecer valores absolutos para os custos do produto nesta etapa do projeto. Especifica-se então um valor relativo, o produto deve chegar ao consumidor com um preço pelo menos 5% menor que os praticados para produtos equivalentes. No caso de um projeto inovador surgir, promovendo sensível melhora técnica no atendimento da necessidade, pode-se então especificar o limite de preço como o mesmo de um semelhante existente.

V.3. Especificação Técnica

V.3.1. Especificações Funcionais

O dispositivo de fixação deve ser capaz de suportar uma carga estática de 10kN. Entretanto os dispositivos de fixação devem ser projetados para suportar quedas, cargas de impacto. A UIAA (Union Internationale des Associations d'Alpinisme) é considerada atualmente como o padrão para a certificação de equipamentos para montanhismo. As cordas certificadas pela UIAA são testadas da seguinte maneira:

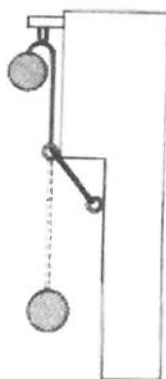


Figura 5.1: Teste da UIAA para cordas dinâmicas.

A UIAA estabelece a seguinte queda padrão: uma queda de 5m de uma massa de 80kg, sob um fator de queda 1,6 (fator de queda é definido como a razão entre o comprimento de corda até o ponto ancorado da mesma, e a altura de queda, sendo assim o fator de queda máximo é 2). A aprovação de uma corda se dá se a mesma suporta cinco quedas consecutivas. Além disso é

especificada a máxima força de impacto, definida como a maior força transmitida ao montanhista durante uma queda, de onde pode-se determinar a elasticidade necessária à corda. Esta força é especificada em 1200kgf para cordas simples e 800kgf para cordas duplas.

A elasticidade das cordas é dada normalmente como a deformação ($\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$) para uma carga padrão de 80kg. Um valor típico para esta deformação é de 5,5%, donde tira-se que a elasticidade k da corda pode ser calculada por:

$$F = k \cdot \Delta l$$

$$k = \frac{80 \text{ kgf}}{\Delta l} = \frac{80}{5,5\% \cdot l} \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

Nota-se que a elasticidade é função do comprimento de corda até a ancoragem (l), entretanto o impacto resultante da queda (para um mesmo fator de queda) também o é.

Através desta especificação das cordas certificadas pela UIAA pode-se proceder uma melhor especificação do novo produto.

O dispositivo de fixação a ser projetado deverá ser capaz de suportar uma carga nominal de pelo menos 10kN, devendo resistir também a dez quedas padrão da UIAA, ou seja, deve ser dimensionado também para fadiga de baixo ciclo.

O dispositivo deverá ser de fácil colocação / instalação (e retirada no caso dos móveis), que deverá ser feita preferencialmente com uma única mão. O dispositivo, se possível, deverá aparentar robustez, uma vez que poucos consumidores são realmente informados sobre a qualidade dos equipamentos que compram, sendo portanto a aparência um fator que se sabe importante na aquisição do produto.

A escalada em rocha é, em sua natureza, uma atividade de risco. O dispositivo de fixação como equipamento de segurança deve ser capaz de amenizar ao máximo este risco, e deve também ser seguro em sua operação fora de situações de queda.

Considerando o público que é composto por montanhistas o produto dever causar impacto ambiental mínimo, especialmente na sua utilização.

V.3.2. Especificações Operacionais

O dispositivo em si deve apresentar um alto nível de confiabilidade, deve ser capaz de suportar suas cargas nominais em 99% dos casos em condições padrão estabelecidas para testes (padrão 3σ).

O produto a ser desenvolvido deverá exercer toda a sua vida útil sem que haja necessidade de manutenção, isso porque o bom funcionamento de tais equipamentos não pode estar condicionada à uma manutenção que pode não ser executada pelo usuário. O que também não quer dizer que não deve haver substituição de peças, um produto, que em sua vida útil foi acionado em poucas quedas, mas que ainda assim sofreu desgaste por uso normal pode ter sua vida estendida pela substituição de partes. Peças de reposição devem estar disponíveis aos usuários do produto.

A durabilidade dos equipamentos de segurança para escaladas está fatalmente associada ao número e intensidade das quedas que o mesmo teve de suportar durante sua vida útil. A durabilidade do produto vem então em número de quedas padrão, conforme determinado na especificação técnica.

O custo operacional do dispositivo de fixação também varia com o tipo, e depende de como se define o mesmo. Dispositivos de segurança móvel por exemplo podem ser utilizados várias vezes em várias vias, já os fixos podem ser utilizados várias vezes mas em uma única via. De uma maneira ou de outra quanto menor for o custo de utilização do dispositivo melhor para o usuário e mais satisfeito ele ficará.

V.3.3. Especificações Construtivas

Apesar de não existirem limites práticos, dentro do bom senso, para as dimensões dos dispositivos de fixação estes dois aspectos construtivos são muito importantes na qualidade do produto. A dimensão e, em especial, o peso devem ser minimizados. Esta minimização de peso e dimensão deve ser um critério importante no desenvolvimento do produto, pois produtos pesados e grandes podem até exercer bem a função de fixação, mas atrapalham a atividade que atendem tornando-se incompatíveis.

As dimensões e o peso de produtos existentes podem ser tomadas como referências, alguns dados sobre os Friends e os Camalots (maiores explicações sobre estes produtos no próximo item - Viabilidade do Projeto) podem ser encontrados na tabela abaixo:

	Maior dimensão lateral (mm)	Peso (g)	Faixa de Expansão (mm)	Carga Nominal (kN)
Friend #1	29	89	19-29	14
Friend #1½	35	94	23-35	14
Friend #2	44	106	29-44	14
Friend #2½	55	120	33-55	14
Friend #3	66	143	43-66	14
Friend #3½	82	168	51-82	14
Friend #4	100	216	64-100	14
Camalot #.5	33,0	96	20,3-33,0	12
Camalot #.75	40,6	111	25,4-40,6	12
Camalot #1	50,8	151	30,5-50,8	16
Camalot #2	63,5	174	38,1-63,5	16
Camalot #3	86,4	240	50,8-86,4	16
Camalot #3.5	104,1	307	61,0-104,1	16
Camalot #4	124,5	349	73,7-124,5	16
Camalot #4.5	147,3	430	88,9-147,3	12
Camalot #5	177,8	544	106,7-177,8	12

Tabela 5.2: Pesos e dimensões de produtos existentes.

VI. Viabilidade do Projeto

VI.1. Soluções Propostas

Havendo realizado uma pesquisa dos dispositivos de fixação em rocha existentes no mercado e tendo feito um toró de palpites (*brainstorm*) diversas foram as soluções encontradas.

É natural que as soluções encontradas fossem várias, uma vez que a própria rocha em si é um meio que possui propriedades e formatos variados. Por esta razão também as soluções destacam-se por atender um caso melhor do que outro, ou seja, cada equipamento idealizado pode ser o melhor em cada caso.

Pode-se destacar alguns dos principais tipos de rocha onde costuma-se fazer escaladas:

- granito: caracterizado por grande dureza e resistência, por grande capacidade de abrasão de outros materiais e pela presença constante de cantos vivos, destacando-se nas formas geométricas da rocha superfícies planas. As fendas na rocha são freqüentes no granito. Nos terrenos de formação antiga esse tipo de rocha é de grande confiabilidade.
- arenito: de formação sedimentar é uma rocha mais mole que o granito, caracterizando-se por presença constante de superfícies arredondadas, embora as superfícies planas ou quase planas sejam ainda as mais freqüentes. O arenito é mais quebradiço que o granito e menos confiável. As fendas são também freqüentes neste tipo de rocha.
- basalto: tipo de rocha relativamente rara no país, é de formação vulcânica e caracteriza-se por sua fragilidade e pequena agregação, onde pedras soltas são comuns. Como rochas vulcânicas típicas são terrenos normalmente mais recentes as fendas são mais incomuns. Superfícies arredondadas mas com grande quantidade de saliências.

Destaca-se aqui alguns dos tipos de localização de elementos de fixação para escalada em rocha:

- árvores;
- rocha plana;
- saliências;

- agarras;

- fendas:

. verticais;

. horizontais.

Além de existirem todas estas variações possíveis, no caso das saliências, agarras e fendas a dimensão e formato são características variadas, sendo que cada uma representa um problema diferente. Por exemplo, seriam diferentes os dispositivos para realizar uma fixação em uma fenda vertical que afunila de baixo para cima e outra que afunila de cima para baixo, ou então uma fenda de dois centímetros de largura ou outra de meio metro.

Dentro deste vasto campo as soluções propostas foram:

1 - fixação em elementos naturais (por simples amarração):

a - saliências de rochas;

b - árvores;

2 - fixação por gancho em agarras;

3 - dispositivos fixos:

a - grampos (pregos na rocha);

b - chapeletas (parafuso e bucha);

4 - pitons;

5 - nuts;

6 - dispositivos plásticos que se moldem à rocha;

7 - dispositivos de expansão (cunhas):

a - cilindro sobre cunhas;

b - cunhas complementares;

c - baralho de cunhas;

8 - camos simples passivos:

a - polígono excêntrico;

b - camo de três pontos;

c - tubo expansível;

d - triângulo isósceles;

9 - camos tensionados por molas:

a - Friends;

b - Camalot;

c - TCU 3-Cam (Metolius);

d - Camo duplo.

VI.1.1. Fixação em elementos naturais

O meio mais óbvio de fixação é simplesmente aquele que está disponível, e que pode ser utilizado sem a necessidade de equipamentos especiais de fixação. As duas formas mais comuns de se utilizar elementos naturais de fixação são as saliências em rochas e árvores.

Algumas utilizações típicas de saliências em rochas são mostradas abaixo:

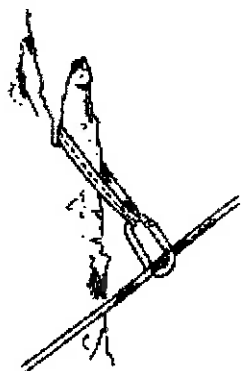


Figura 5.2 [5]: Saliência

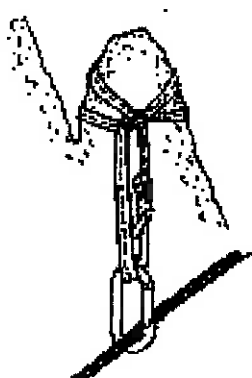


Figura 5.3 [5]: Saliência

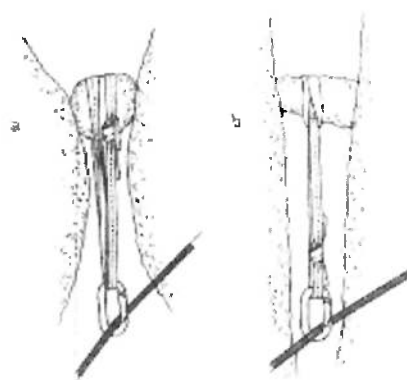


Figura 5.4 [5]: Cunhas naturais

A utilização de árvores é também feita costumeiramente:

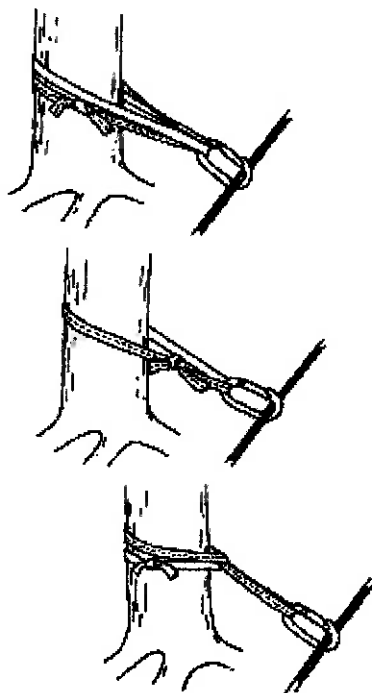


Figura 5.5 [5]: Fixação em árvores

VI.1.2. Fixação por gancho em agarras

Os ganchos são bastante utilizados como fixação temporária, tanto em escaladas artificiais quanto em conquista de vias quando da colocação de outros tipos de elementos de fixação. Este tipo de dispositivo é caracterizado por uma grande disponibilidade de locais para sua colocação,

entretanto seu funcionamento só é garantido quando sob carga, sendo utilizado normalmente só para fazer paradas, não servindo para segurança de quedas. Os ganchos são colocados em agarra, eventualmente muito pequenas, o que assegura a disponibilidade de locais para sua instalação, além disso a colocação do gancho é muito simples, basta escolher a agarra, postá-lo e apoiar o peso. Alguns exemplos de ganchos podem ser encontrados abaixo:

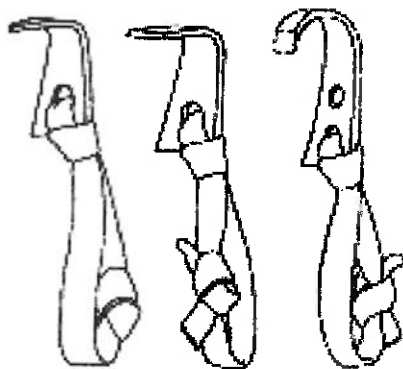


Figura 5.6 [5]: Ganchos

VI.1.3. Dispositivos Fixos

Os dispositivos fixos são extremamente comuns, sendo caracterizados pela sua confiabilidade e por poderem ser colocados em praticamente qualquer lugar, mesmo na rocha lisa. Entretanto este tipo de dispositivo é de difícil colocação, sendo necessário a realização de um furo na rocha para tanto.

Os dispositivos fixos são largamente utilizados e se caracterizam, naturalmente, por serem colocados apenas na conquista da via, ficando disponíveis para futuras escaladas, sendo assim a dificuldade de instalação dos dispositivos deve ser considerada apenas para a conquista da via.

Para a colocação dos dispositivos fixos são necessários equipamentos auxiliares, a saber: sistema de furação acionado por marteladas e um martelo.

Dois são os tipos básicos de dispositivos fixos: os grampos ou pês e as chapeletas. Os grampos são caracterizados por terem seu funcionamento como o de um prego, eles são fixos a marteladas no furo executado, por interferência. Já as chapeletas são um pouco mais complexas, envolvendo uma bucha e um parafuso que fixam na rocha uma chapa (a chapeleta) com um furo onde o equipamento de segurança pode ser atracado.

Exemplos de chapeletas:

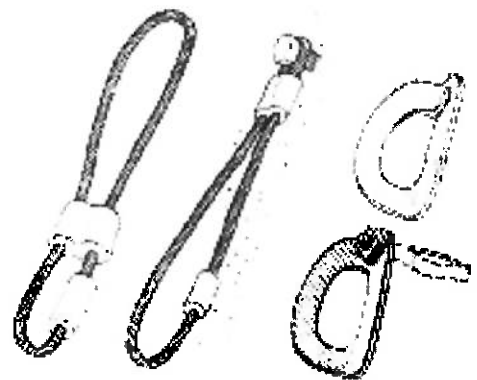
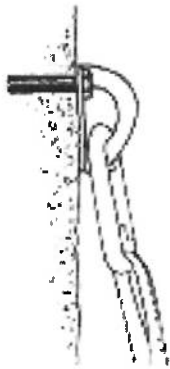


Figura 5.7 [5]: Chapeleta

Figura 5.8 [5]: Parafuso e bucha

Figura 5.9 [5]: Chapeleta e parafuso

VI.1.4. Pitons

Os pitons são dispositivos de fixação feitos de chapas dobradas e furadas que são fixados na rocha com interferência dentro de fendas. Os pitons tem sido cada vez menos utilizados por machucar a pedra no lugar onde são colocados e a conscientização dos montanhistas pela preservação das vias de escalada é cada vez maior. Ainda assim existem situações em que, dentre os removíveis, apenas os pitons conseguem resolver os problemas de fixação, como em escaladas invernais, quando as fendas ficam cheias de gelo, mas este tipo de problema não ocorre no Brasil.

Os pitons, assim como os dispositivos fixos, precisam de um martelo para serem colocados na pedra.

Alguns formatos e tamanhos de pitons e sua colocação na rocha são mostrados abaixo:



Figura 5.10 [5]: Piton

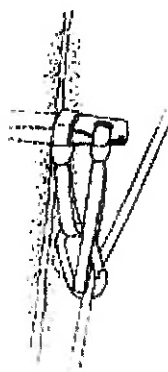


Figura 5.11 [5]: Piton

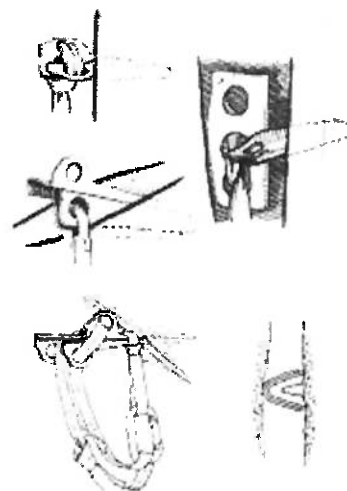


Figura 5.12 [5]: Pitons

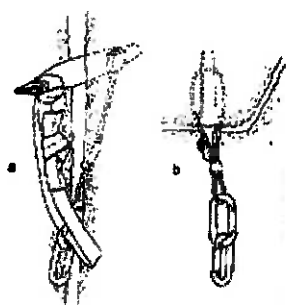


Figura 5.13 [5]: Pitons

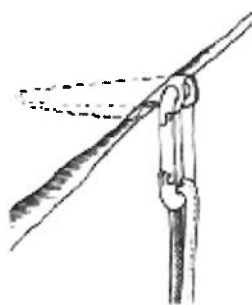


Figura 5.14 [5]: Piton

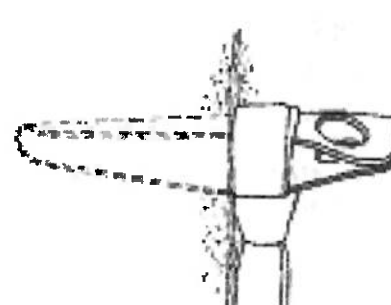


Figura 5.15 [5]: Piton

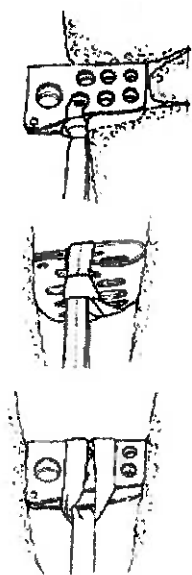


Figura 5.16 [5]: Pitons

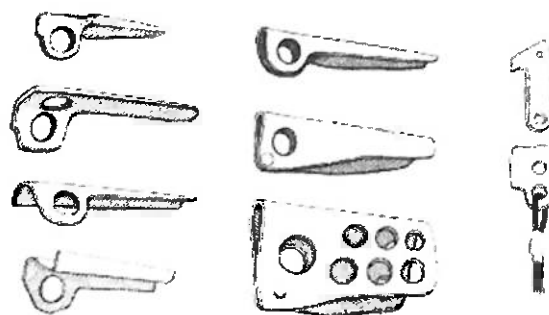


Figura 5.17 [5]: Pitons

VL1.5. Nuts

Nuts são dispositivos passivos em forma de cunha que são colocados em fendas pequenas. Esse equipamento é do tipo móvel, ou seja, ele é colocado e retirado ao longo de uma mesma escalada, sem prejudicar a rocha onde ele foi instalado. Os nuts se caracterizam por ser de fácil colocação e retirada “relativamente” fácil, eventualmente necessitando do auxílio de um saca-nut. A limitação dos nuts está no fato de ter uma geometria fixa, o que faz com que apenas fendas com formatos adequados, mais especificamente que afunilam no sentido da aplicação da força e de pequena dimensão, sejam adequadas à colocação de nuts.

Alguns exemplos de formatos e colocação de nuts são mostrados abaixo:



Figura 5.18 [5]: Nuts

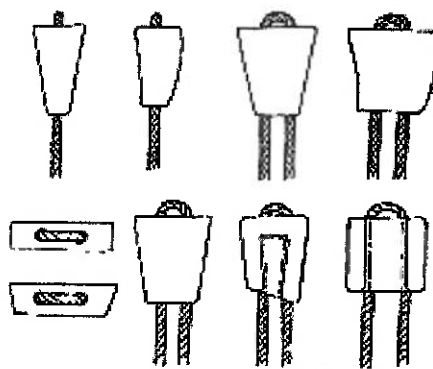


Figura 5.19 [5]: Nuts



Figura 5.20 [5]: Nuts

VL1.6. Dispositivos plásticos

Dispositivos plásticos podem ser moldados à rocha de tal forma que se encaixem e forneçam fixação. Os dispositivos plásticos existentes são feitos de metal mole e são de pequeno porte, servindo tipicamente para fixação temporária, como os ganchos. Para a utilização de tais dispositivos faz-se necessário o uso de um martelo.

Alguns exemplos podem ser encontrados abaixo:

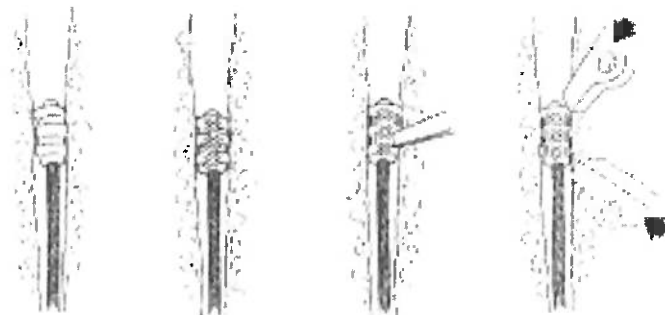


Figura 5.21 [5]: Dispositivos plásticos



Figura 5.22 [5]: Dispositivos plásticos

VI.1.7. Dispositivos de expansão

Os dispositivos de expansão partilham com os nuts o princípio de funcionamento da cunha, entretanto possuindo a cunha independentemente da rocha, o que permite uma maior versatilidade do dispositivo. São pré-tensionados por molas. Este tipo de dispositivo, como os nuts, são móveis e são muito parecidos em termos de utilização com os mesmos, tendo como vantagens uma maior versatilidade de formas e tamanhos de fendas em que podem ser instalado, sendo entretanto menos robustos e mais caros. Variações sobre o tema são:

- cilindro sobre cunhas: o dispositivo Perrin, existente, consiste no escorregamento de um cilindro sobre duas cunhas laterais conforme mostra a figura abaixo:



Figura 5.23 [5]: Perrin

- cunhas complementares: consiste em duas formas geométricas complementares de uma figura de faces paralelas, que quando deslizadas entre si, sofrem um aumento de dimensão no outro sentido devido a um efeito de cunha, fixando-se à fenda. O dispositivo da Lowe (Lowe ball) é mostrado abaixo:

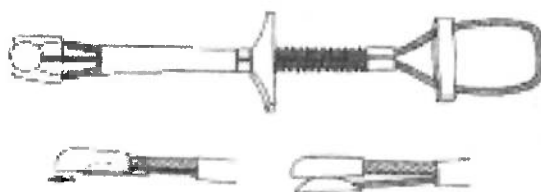


Figura 5.24 [5]: Lowe Ball

- baralho de cunhas: uma sequência de cunhas em série funcionando de forma semelhante às cunhas complementares, só que com maior versatilidade, especialmente com relação ao tamanho das fendas. Um esquema da solução:

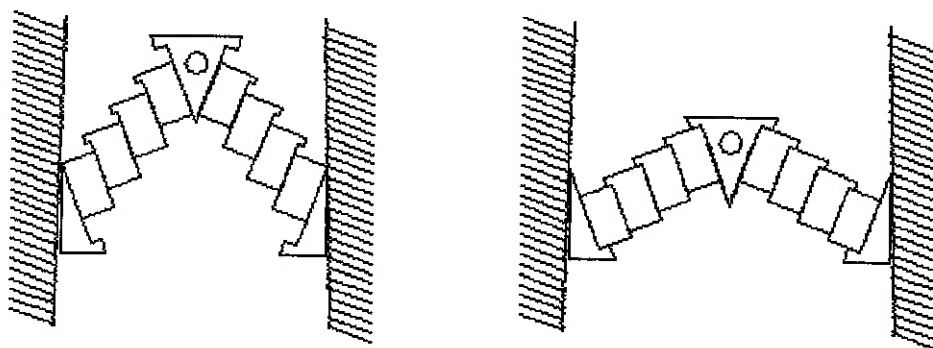


Figura 5.25: Baralho de cunhas

VI.1.8. Camos simples passivos

Os dispositivos de camos funcionam sob o princípio de a carga gerar um momento que tende girar o dispositivo num sentido tal que ele trave na fenda em que foi instalado. São dispositivos bastante simples e eficazes, além de robustos. Quatro foram as soluções encontradas que se utilizam deste princípio. A principal limitação das duas primeiras soluções está no fato de cada dispositivo se adaptar a uma faixa estreita de larguras de fendas, devido à sua geometria rígida, já as demais alternativas apresentam maior versatilidade, embora menor robustez. São dispositivos móveis como os dispositivos de expansão e os nuts, e como eles também, contam com as fendas nas rochas para poderem ser utilizados.

As soluções propostas foram:

- polígono excêntrico

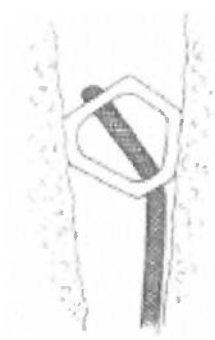


Figura 5.26 [5]: Hexentric

- camo de três pontos



Figura 5.27 [5]: Tri-cam

- tubo expansível

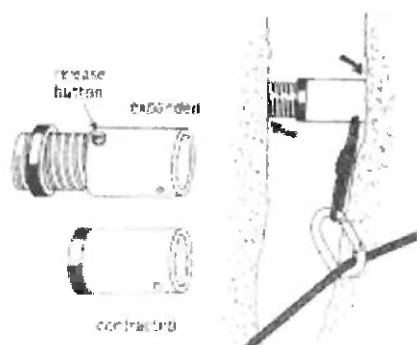


Figura 5.28 [5]: Big-bro

- triângulo isósceles

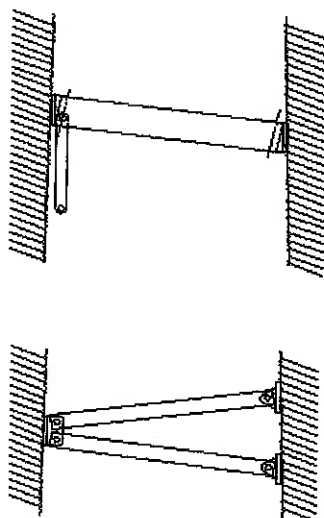


Figura 5.29: Triângulo isósceles

VI.1.9. Camos tensionados por molas

Os camos tensionados por molas apresentam o mesmo princípio de funcionamento que os camos simples passivos, apresentando como diferenças os pivôs centrais e o pré-tensionamento por molas. Este tipo de dispositivo é, atualmente, o mais utilizado dentre os móveis, sendo a segurança móvel apontada como nova tendência, pelo fato de não causar danos às vias conquistadas e escaladas e que portanto condizem com os purismos característicos dos montanhistas.

Este tipo de mecanismo se caracteriza pela sua grande versatilidade quando consideradas tanto as formas, quanto a orientação e a dimensão das fendas (embora ainda estejam limitados a fendas de até por volta de 150 mm, mas que, ainda assim, já são bem maiores que as suportadas pelos demais tipos de dispositivos). As principais variações nas soluções que fazem uso deste princípio está em detalhes construtivos, quatro foram as soluções propostas:

- Friend (dispositivo da Wild Country): caracterizado por dois pares de camos girando em torno de um único eixo, com haste rígida:

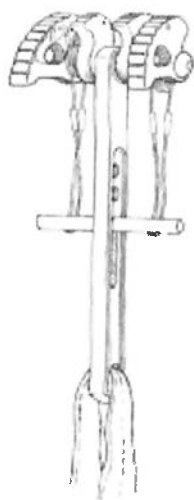


Figura 5.29 [5]: Friend

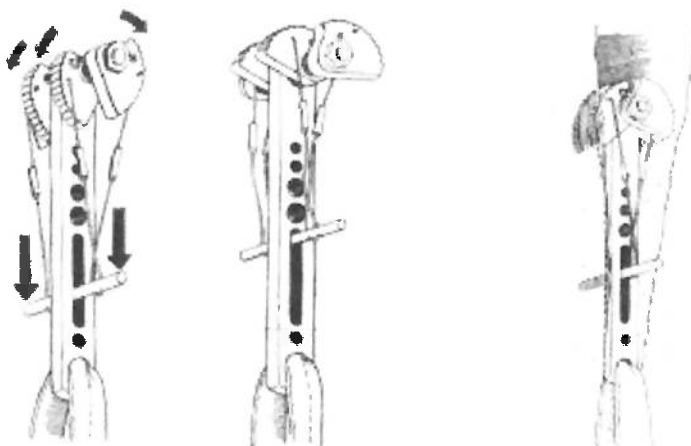


Figura 5.30 [5]: Friends

- Camalot (dispositivo da Black Diamond): semelhante ao Friend apresenta como diferenças que os camos opostos giram sobre eixos diferentes e a haste flexível:

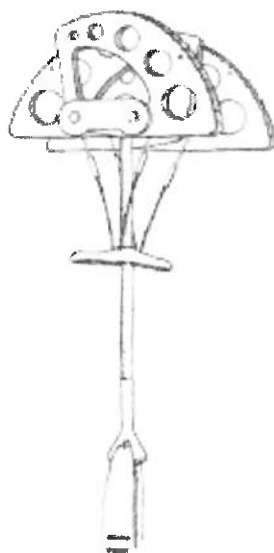


Figura 5.31 [5]: Camalot

- TCU 3-Cam (Metolius): apresenta apenas três camos (um em oposição a dois), um único eixo e haste flexível:

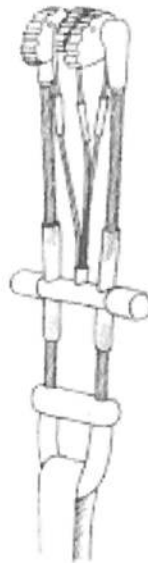


Figura 5.32 [5]: Metolius

- Camo duplo: apresenta um pivô no meio de cada camo, onde se encontra outro camo, permitindo que, para uma mesma dimensão mínima do dispositivo retraído, uma maior faixa de dimensões de fendas seja atendida:

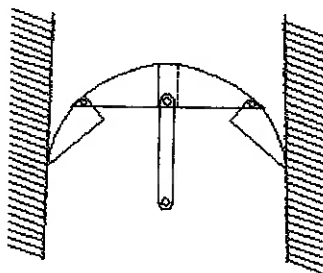


Figura 5.33: Camo duplo

camos simples e os camos tensionados se apóiam em um, também tradicional, mecanismo de camo.

O funcionamento do princípio da cunha no âmbito destes dispositivos será demonstrado para os nuts, mais simples, e estendido para os dispositivos de expansão. O desenho abaixo mostra um nut bem posicionado numa fenda de rocha, carregado por uma força genérica F , além dos demais esforços resultantes, representados num diagrama de corpo livre do nut.

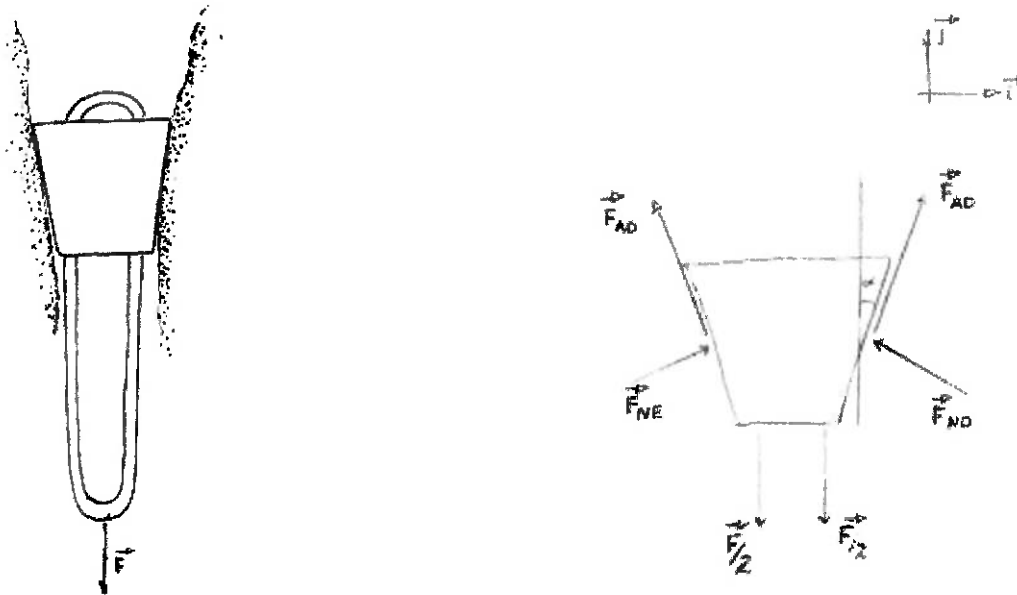


Figura 5.34: Funcionamento do princípio da cunha em um nut.

Decompondo-se as forças nas direções dos versores $\vec{i}$ e $\vec{j}$ obtêm-se, para o equilíbrio:

$$\frac{\vec{F}}{2} \cdot \vec{i} + \frac{\vec{F}}{2} \cdot \vec{i} + \vec{F}_{AE} \cdot \vec{i} + \vec{F}_{AD} \cdot \vec{i} + \vec{F}_{NE} \cdot \vec{i} + \vec{F}_{ND} \cdot \vec{i} = \vec{0}$$

$$\frac{\vec{F}}{2} \cdot \vec{j} + \frac{\vec{F}}{2} \cdot \vec{j} + \vec{F}_{AE} \cdot \vec{j} + \vec{F}_{AD} \cdot \vec{j} + \vec{F}_{NE} \cdot \vec{j} + \vec{F}_{ND} \cdot \vec{j} = \vec{0}$$

De onde sai, respectivamente em $\vec{i}$ e $\vec{j}$:

$$(-F_{AE} + F_{AD}) \cos \alpha + (F_{NE} - F_{ND}) \sin \alpha = 0$$

$$-F + (F_{AE} + F_{AD}) \sin \alpha + (F_{NE} + F_{ND}) \cos \alpha = 0$$

onde 2α é o ângulo de cunha, F_{AE} e F_{AD} são forças de atrito e F_{NE} e F_{ND} são forças normais.

É fácil perceber que o momento é zero em qualquer ponto do plano de simetria da peça, por exemplo o ponto de intersecção entre as linhas de ação de $\vec{F}_{NE}$ e $\vec{F}_{ND}$. Sendo assim, o equilíbrio é atingido quando as duas equações acima são atendidas. Naturalmente as forças na direção do versor $\vec{i}$ se anulam mutuamente, havendo apenas que garantir a integridade do dispositivo sob estes esforços para garantir funcionamento. A segunda equação é atendida também, pois um aumento de F acarreta num aumento de F_N e conseqüentemente de F_A , sempre, de tal forma que o dispositivo encontre o equilíbrio. O dispositivo pode vir a falhar em três situações: quando o mesmo não suportar os esforços resultantes do seu carregamento, o que pode ser resolvido com um bom dimensionamento; também falha quando a rocha não suporta os esforços resultantes do seu carregamento, situação não usual mas possível, mas que não torna o dispositivo inexecutável; finalmente falha quando a rocha não garante o ângulo de cunha, devido a um mau posicionamento do dispositivo pelo usuário. Esta última falha é característica apenas dos nuts, pois os dispositivos de expansão garantem o ângulo de cunha por si só (considerando uma fenda de faces paralelas).

O funcionamento do princípio do camo é melhor demonstrado para os Friends (dispositivos da Wild Country). O desenho abaixo mostra um Friend bem posicionado numa fenda de rocha, carregado por uma força genérica F , além dos demais esforços resultantes, representados num diagrama de corpo livre do mesmo.

VI.2. Soluções Interessantes

Devido à quantidade e variedade das soluções propostas, antes de prosseguir com o estudo de viabilidade, propõe-se uma seleção das soluções, poupando-se assim trabalho e recursos.

A fixação em elementos naturais é a mais obviamente eliminada. Os dispositivos fixos são pouco interessantes como um produto de lançamento de uma marca no mercado, primeiro por que são muito simples e baratos tendo uma estreita margem de lucro por consequência e segundo porque é um produto ao qual usualmente não se associa a marca. Os pitons têm tido uso cada vez mais reduzido e é visto com maus olhos por diversos montanhistas, uma vez que causam estragos nas vias em que se faz uso dos mesmos, marcando as fendas, sendo por isso também uma solução a ser descartada tanto por questões de marketing, com relação à imagem da marca, quanto por ser uma tendência a não utilização dos pitons, a não ser em casos bastante especiais.

Sendo assim já ficamos reduzidos às soluções: gancho, nuts, dispositivos plásticos, dispositivos de expansão, camos simples e camos tensionados.

VI.3. Viabilidade Técnica

Primeiramente analisar-se-á a exeqüibilidade física das soluções interessantes.

Os ganchos e dispositivos plásticos são soluções problemáticas, uma vez que servem para fazer fixação, mas fixação temporária, não comportam as cargas advindas de uma queda, cada uma por uma razão diferente. Os ganchos poderiam ser dimensionados para atender as especificações de carga, entretanto sua fixação depende de estar sempre sob carga, o que não acontece nos pontos intermediários de fixação durante uma escalada e nem nos pontos de paradas, ocorre apenas em situações temporárias. O caso dos dispositivos plásticos é outro, eles são estáveis sem carga, entretanto a utilização de materiais plásticos, que se moldem à rocha de forma prática é incompatível com grandes cargas, um material plástico o suficiente para ser martelado numa fenda o é também para sair dela, sob uma carga impactual grande como a do caso.

As soluções restantes, embora diversas, se apóiam em apenas dois princípios físicos básicos. Os nuts e os dispositivos de expansão utilizam-se do mais que antigo princípio da cunha. Já os

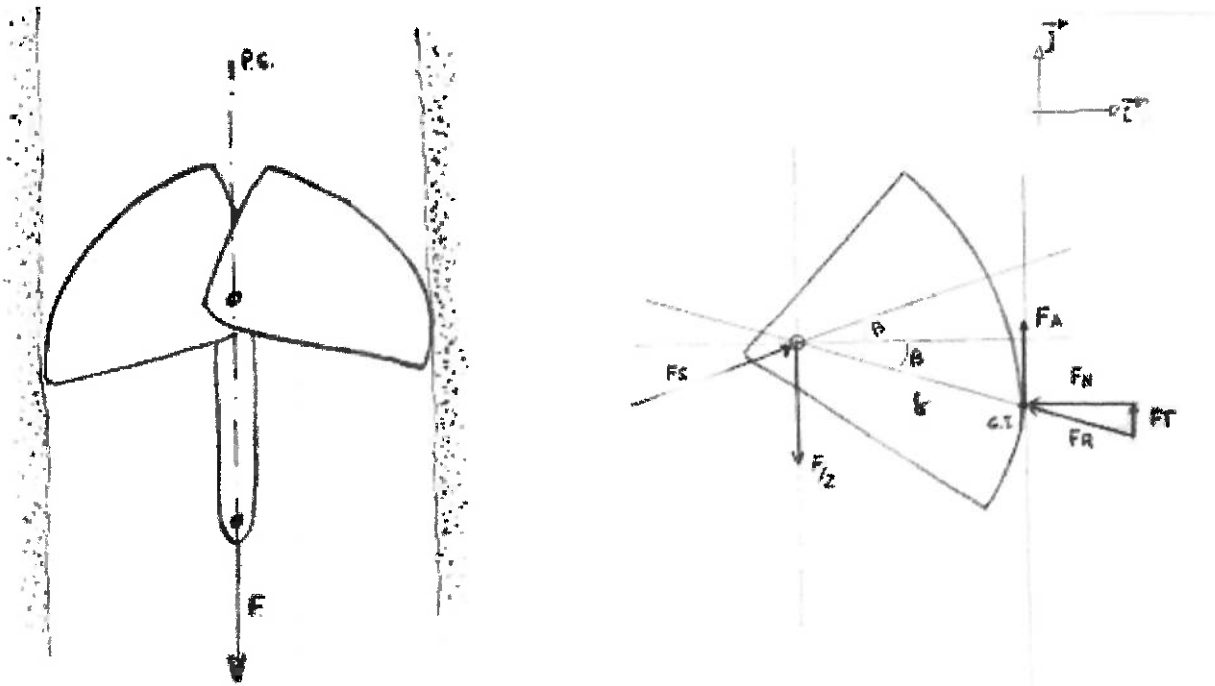


Figura 5.35: Funcionamento do princípio do camo para um Friend.

Fazendo-se uso do plano de simetria fica mais fácil visualizar a equivalência dos princípios de funcionamento com os camos simples.

Novamente decompondo-se as forças nos versores $\vec{i}$ e $\vec{j}$ obtém-se em $\vec{i}$:

$$F_S \cdot \cos \beta - F_N = 0$$

e em $\vec{j}$:

$$-\frac{F}{2} + F_S \cdot \sin \beta + F_T + F_A = 0$$

A somatória dos momentos em torno de C.I. em $\vec{k}$ fica:

$$\left(\frac{F}{2} - F_S \sin \beta \right) \cdot \delta \cdot \cos \beta - F_S \cdot \cos \beta \cdot \delta \cdot \sin \beta = 0$$

onde F_A é a força de atrito, F_R é a força de reação aplicada pela rocha no dispositivo que pode ser decomposta em suas componentes normal e tangencial ao plano de contato (assumido aqui vertical, perpendicular a $\vec{i}$) F_N e F_T , respectivamente. F_S é uma força interna do mecanismo que

aparece devido à divisão no plano de simetria. β é um ângulo característico do mecanismo, dependente de suas dimensões, o dispositivo pode por exemplo ter sua geometria de projeto tal que o ângulo β seja mantido constante para qualquer abertura (largura de fenda). C.I. é o centro instantâneo de rotação e δ a distância entre o pivô e o C.I. Também para o Friend, como ocorre com os nuts, devido à simetria (e considerando-se as duas metades) os esforços horizontais (em $\vec{i}$) se cancelam mutuamente. Para que estes dispositivos funcionem e portanto sejam exeqüíveis bastas que um valor adequado de β seja escolhido, um valor tal que gere uma reação normal grande o suficiente para que a força de atrito compense a carga e o dispositivo se equilibre. É fácil verificar que sempre existe um β adequado. Para uma força $\vec{F}$ diferente de zero se β tende a zero $\vec{F}_R$ tende a infinito. Entretanto todo o funcionamento deste tipo de dispositivo depende de uma hipótese feita, a existência de um centro instantâneo de rotação no contato dispositivo com a rocha, isto é garantido, enquanto ainda fora de carga pelo pré tensionamento nos camos tensionados (o pré-tensionamento se faz necessário devido ao pivô no meio dos mesmos) e pelo peso próprio nos camos simples, estas forças garantem um atrito mínimo de tal forma que o C.I. seja garantido fora de carga.

Os princípios físicos que regem os dispositivos de fixação propostos foram descritos acima e não são violados por nenhum dos dispositivos, entretanto para serem admitidos como exeqüíveis os dispositivos precisam ainda ser construtíveis.

A maioria das soluções propostas são dispositivos com concepções existentes, e portanto fisicamente construtíveis, são soluções novas:

- baralho de cunhas;
- triângulo isósceles;
- camo duplo.

Tanto o baralho de cunhas quanto o camo duplo são corruptelas de concepções existentes, entretanto com algumas complicações (e melhorias) adicionais. O baralho de cunhas apresenta a dificuldade de se promover a agregação entre as cunhas, entretanto um par de guias entre cada par de cunhas adjacentes pode resolver o problema. O camo duplo apresenta a dificuldade de se alocar o segundo camo quando totalmente recolhido sem interferir no funcionamento do

primeiro, entretanto com uma escolha de dimensões adequadas pode-se conseguí-lo e, caso contrário, recai-se no camo tensionado normal.

O triângulo isósceles é um dispositivo bastante simples e de construção fácil.

Sendo assim foram consideradas como soluções tecnicamente viáveis:

- nuts;
- dispositivos de expansão (cunhas):
 - a - cilindro sobre cunhas;
 - b - cunhas complementares;
 - c - baralho de cunhas;
- camos simples passivos:
 - a - polígono excêntrico;
 - b - camo de três pontos;
 - c - tubo expansível;
 - d - triângulo isósceles;
- camos tensionados por molas:
 - a - Friends;
 - b - Camalot;
 - c - TCU 3-Cam (Metolius);
 - d - Camo duplo.

Com estas soluções procede-se o estudo da viabilidade econômica e financeira.

VI.4. Viabilidade Econômica

Para a avaliação da viabilidade econômica das soluções são necessárias as seguintes estimativas: custo de produção por peça da solução, preço de venda, demanda e investimentos.

VI.4.1. Estimativa da Demanda

O tamanho do mercado na cidade de São Paulo estimado pela pesquisa de marketing foi de 50.000 pessoas. Quando se fala então em termos de Brasil e Mercosul este número deve ser maior, podendo ser estimado, conservadoramente, como aproximadamente o dobro do da cidade de São Paulo, 100.000 montanhistas. Também conforme levantado pela pesquisa 60% desta população pratica escalada em rocha.

Pode-se estimar também que aproximadamente 25% dos praticantes de escalada em rocha possui equipamentos de segurança móvel, com uma média de dez dispositivos por montanhista. Sendo assim, dada uma vida útil média dos dispositivos de quatro anos, pode-se calcular a demanda total de dispositivos de segurança móvel nos próximos dez anos. Estimou-se assim então uma demanda de 375.000 unidades para os próximos dez anos.

Sendo assim pode-se calcular a demanda anual para o produto da DeBemComAVida, em função da sua porcentagem conquistada do mercado:

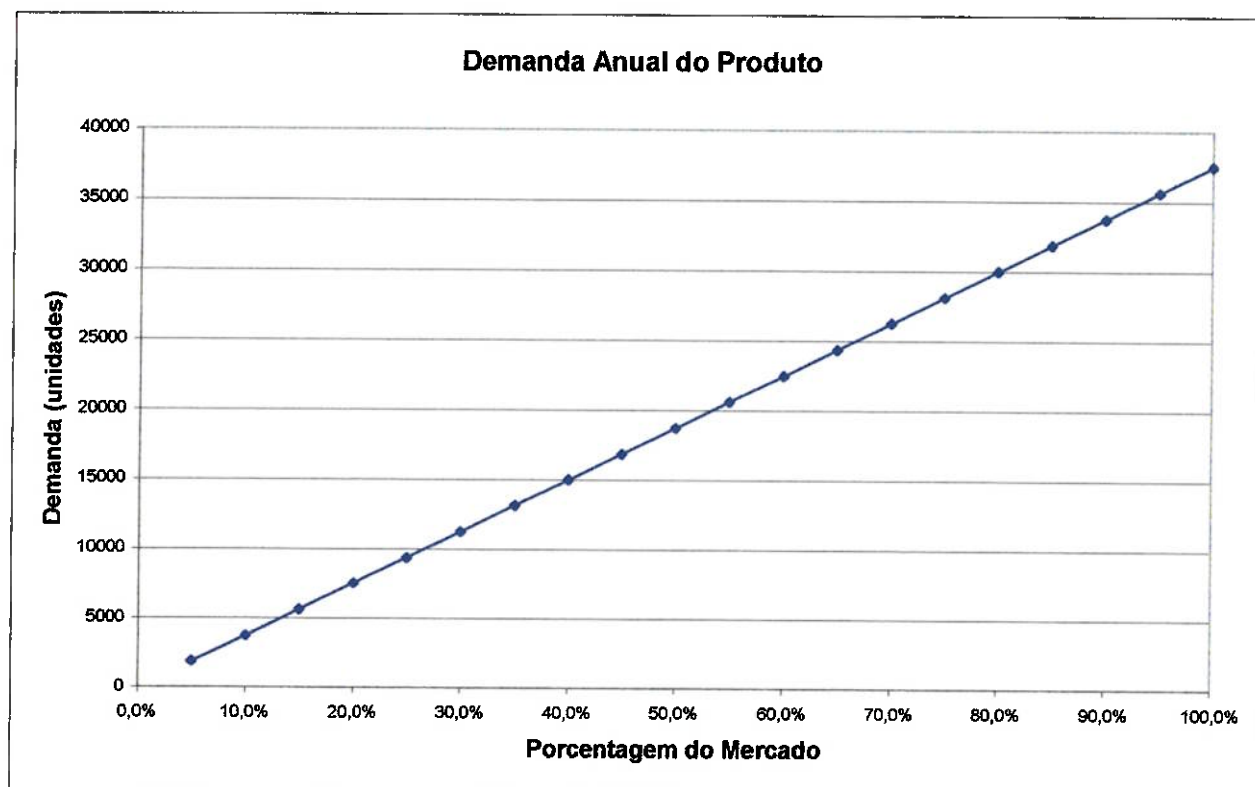


Gráfico VI.1: Demanda estimada do produto em função da porcentagem do mercado.

Pode-se admitir que, com um bom programa de marketing, a DeBemComAVida poderá dominar, com dois anos do lançamento do produto entre 20% e 30% do mercado, caso os preços cheguem competitivos, como os especificados. Para fins de retorno financeiro utilizar-se-á genericamente do valor de 25%, chegando-se assim a uma demanda anual de aproximadamente 10.000 unidades, e ao longo da vida do produto de 100.000.

VI.4.2. Preço de Venda

Conforme estipulado no item V.2. - Objetivos e Requisitos do produto - o preço máximo que o novo produto deverá custar é 5% inferior que os praticados para produtos equivalentes ou um preço semelhante para soluções inovadoras.

Os preços praticados no mercado nacional para os produtos existentes podem ser resumidos pela seguinte tabela:

		Preços Praticados (R\$)	Preço Máximo (R\$)
Nuts		15,00	14,20
Dispositivos de Expansão	cilindro sobre cunhas	30,00	28,40
	cunhas complementares	35,00	33,25
	baralho de cunhas	-	70,00
Camos simples passivos	polígono excêntrico	25,00	23,75
	camo de três pontos	40,00	38,00
	tubo expansível	50,00	47,50
	triângulo isósceles	-	50,00
Camos Tensionados	Friend	120,00	114,00
	Camalot	130,00	123,50
	Metolius	50,00	47,50
	Camo duplo	-	125,00

Tabela VI.1: Preço de venda das soluções.

Os preços máximos especificados serão os considerados para a análise de viabilidade, uma vez que se o mesmo for economicamente viável sendo praticado o preço máximo a solução é viável.

VI.4.3. Estimativa dos Custos de Produção

Quando se fala aqui nos custos de produção por peça não se limita aos custos fabris apenas, uma listagem dos custos envolvidos na produção dos produtos encontra-se abaixo:

- custo de fabricação:
 - . matéria-prima
 - . maquinário
 - . mão-de-obra
- custos de embalagem
- custos de distribuição
- custos de marketing
- custo de certificação do equipamento
- impostos
- margem de lucro do varejo

Em se tratando de um produto de lançamento no mercado deve-se, a princípio, considerar-se também a terceirização da produção de algumas peças até que o produto se estabeleça ou até a chegada dos demais produtos da linha de montanhismo da DeBemComAVida, que podem vir a precisar do mesmo maquinário e viabilizar a sua compra. Quando se tratam os custos considerando a terceirização, caem os investimentos iniciais, cai a margem de lucro, caem os custos de fabricação das peças (não terceirizadas), e cai o risco.

Sendo assim a análise será feita considerando a terceirização da produção de peças fundidas, peças forjadas e peças tratadas termicamente.

Os custos de produção foram estimados segundo o seguinte roteiro:

Para cada uma das soluções foi estimado o custo das peças terceirizadas e os demais custos de fabricação que somados são P_1 . Em função de P_1 calcula-se:

- custos de embalagem: $E = 5\%.P_1$
- custos de distribuição: $D = 5\%.P_1$
- custos de marketing: $M = 10\%.P_1$

- custo de certificação do produto: $C = 5\%.P_1$

- impostos: $I = 35\%. P_1$

Que somados com P_1 e o lucro unitário especificado (L) chega-se ao preço de fábrica:

$$P_{fab} = P_1 + E + D + M + C + I + L$$

Sobre o preço de fábrica incide uma margem média de 10% na intermediação de vendas, chegando-se assim ao preço final ao consumidor:

$$P_{cons} = P_{fab} / 90\%$$

Para o cálculo do custo total de produção (CP), sob o ponto de vista da empresa, deve-se subtrair o lucro unitário do preço ao consumidor:

$$CP = P_{cons} - L$$

Entretanto o preço ao consumidor é função do lucro. Uma vez que esta é apenas uma estimativa considerou-se o preço de fábrica sem o lucro da empresa para o cálculo do custo total de produção, sendo que esta hipótese simplificadora não deve trazer prejuízo significativo à análise.

Desta forma foram estimados os custos de produção de cada uma das soluções. Segue uma tabela que os resume:

		Custos de Produção Estimados (R\$)
Nuts		10,00
Dispositivos de Expansão	cilindro sobre cunhas	20,00
	cunhas complementares	25,00
	baralho de cunhas	55,00
Camos simples passivos	polígono excêntrico	15,00
	camo de três pontos	31,00
	tubo expansível	40,00
	triângulo isósceles	35,00
Camos Tensionados	Friend	95,00
	Camalot	102,50
	Metolius	35,00
	Camo duplo	103,00

Tabela VI.2: Custos de produção estimados.

VI.4.4. Estimativa dos Investimentos

Os investimentos necessários para a implementação da fabricação e lançamento de cada uma das soluções foram estimados considerando-se:

- bens de capital a serem adquiridos

- obras civis
- transportes
- engenharia
- impostos
- contingências

Analogamente ao cálculo feito para os custos de produção os investimentos foram estimados como uma soma de fatores, onde foi estimado o fator principal, no caso os bens de capital, e os demais fatores foram calculados como percentagens do principal, entretanto no caso um item de contingências é adicionado, de forma a abrandar os erros de estimativas.

As obras civis foram consideradas como 10% do total de bens de capital, os transportes como 5%, engenharia 3%. Os impostos como 35% e as contingências como 10%, ambos incidindo sobre todos os anteriores. Segue uma tabela com o resumo dos resultados:

		Investimentos Estimados (R\$)
Nuts		110.000,00
Dispositivos de Expansão	cilindro sobre cunhas	210.000,00
	cunhas complementares	240.000,00
	baralho de cunhas	400.000,00
Camos simples passivos	polígono excêntrico	140.000,00
	camo de três pontos	240.000,00
	tubo expansível	250.000,00
	triângulo isósceles	280.000,00
Camos Tensionados	Friend	500.000,00
	Camalot	500.000,00
	Metolius	450.000,00
	Camo duplo	530.000,00

Tabela VI.3: Investimentos estimados.

Agora, com todos os elementos necessários pode-se proceder a análise da viabilidade econômica das soluções.

VI.4.5. Viabilidade Econômica

Dois foram os critérios para a avaliação da viabilidade econômica das soluções: a taxa interna de retorno e o fluxo de caixa a valor presente dos investimentos.

A taxa interna de retorno foi calculada considerando-se a margem de lucro como sendo a diferença entre o preço máximo ao consumidor estipulado para a alternativa e os custos estimados de produção. Um total de impostos de 35% incidente sobre os lucros foi considerado, mas daí também foi descontado a depreciação contábil dos investimentos, ao longo de dez anos. Um horizonte de análise de dez anos foi o utilizado para o cálculo da TIR.

As taxas internas de retorno obtidas foram:

		TIR
Nuts		15%
Dispositivos de Expansão	cilindro sobre cunhas	16%
	cunhas complementares	15%
	baralho de cunhas	14%
Camos simples passivos	polígono excêntrico	22%
	camo de três pontos	13%
	tubo expansível	8%
	triângulo isósceles	26%
Camos Tensionados	Friend	15%
	Camalot	18%
	Metolius	6%
	Camo duplo	17%

Tabela VI.3: Taxas Internas de Retorno estimadas.

O fluxo de caixa a valor presente das alternativas foi calculado segundo os mesmos valores utilizados para o cálculo da TIR, considerando-se, além destes, uma taxa de juros base de 10% ao ano.

Os fluxos de caixa das alternativas são resumidos no gráfico abaixo:

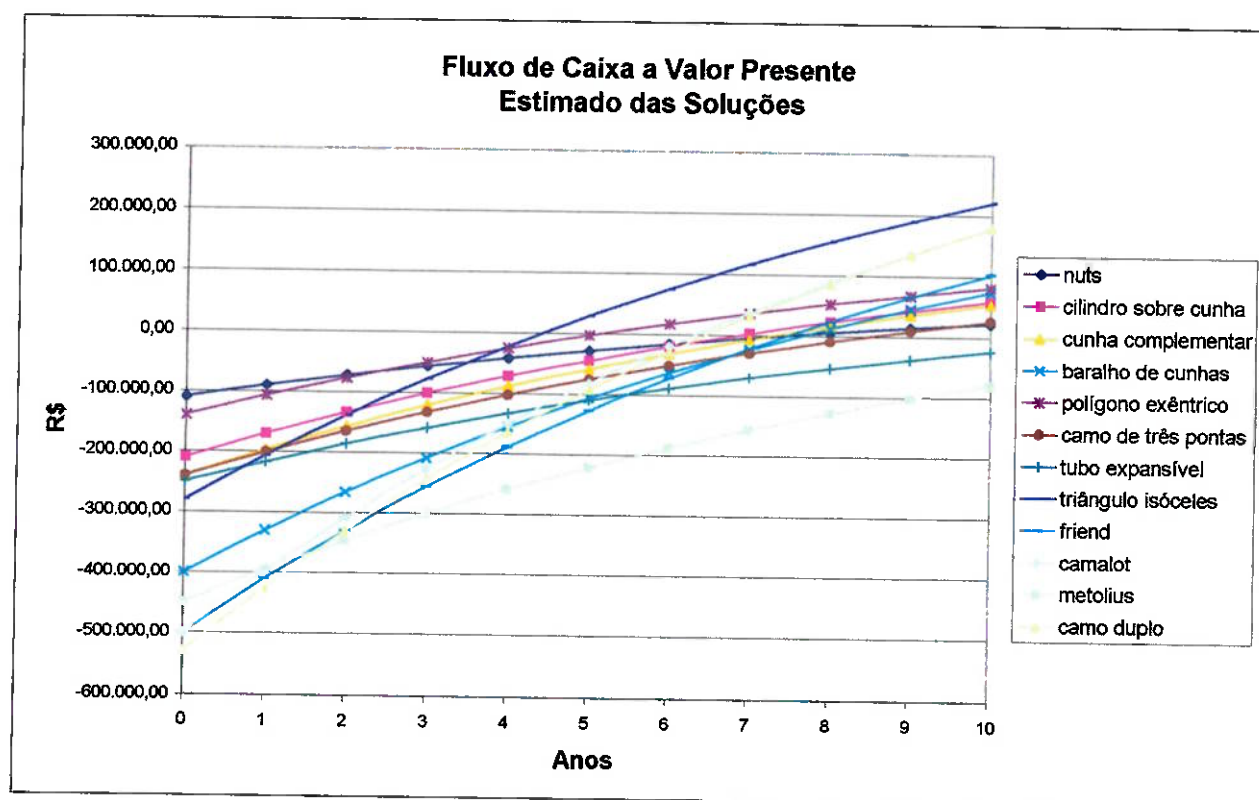


Gráfico VI.2: Fluxo de Caixa a Valor Presente estimado das soluções.

Dados então estes resultados econômicos das soluções tem-se que apenas duas das soluções são consideradas insuficientemente interessantes economicamente: o tubo expansível e o Metolius. A taxa interna de retorno de ambos é muito baixa e seus fluxos de caixa pouco atraentes.

Vale mencionar o porque da diferença tão grande entre o Metolius e as demais soluções de camos tensionados, apesar da semelhança conceitual. O Metolius é um dispositivo cujo tamanho (e conseqüentemente a faixa de fendas em que funciona) é menor do que as demais, tendo por isso preços menores, disponibilizando uma menor margem unitária de lucro. Como a análise realizada é relativamente limitada, uma vez que a estimativa da demanda foi feita pelo total de unidades, esta diferença de preço não foi levada em conta como trazendo uma diferença de demanda. Além disso, por ser construtivamente semelhante, o Metolius exige um investimento pouco inferior aos demais, sendo portanto menos atraente. Ainda assim como o Metolius, o Camalot e o Friend são soluções conceitualmente semelhantes, e o que se pretende do novo produto não é ser idêntico a nenhum outro no mercado mas sim promover melhorias com relação aos mesmos, o que fica excluído da viabilidade econômica não é propriamente o

Metolius, e sim o preço médio e a conseqüente margem de lucro unitária dos vários tamanhos a serem produzidos para uma mesma solução.

Sendo assim apenas o tubo expansível foi considerado economicamente inviável, valendo lembrar que no caso do produto escolhido no projeto básico deve-se atentar para os fatos aqui levantados na análise econômica do Metolius.

VI.5. Viabilidade Financeira

Uma vez que toda a análise de viabilidade econômica foi baseada numa estimativa de demanda, considerações sobre nível de produção tornam-se desnecessárias no âmbito da análise financeira. Posto isso, para garantir a viabilidade financeira de todas as soluções, basta garantir que hajam recursos disponíveis para a realização dos investimentos.

Conforme previsto e estabelecido no início do projeto o limite de investimentos a ser realizado para o lançamento do novo produto é de R\$780.000,00. Sendo assim todas as soluções são financeiramente viáveis, uma vez que o investimento necessário para nenhuma delas excede o limite pré estabelecido.

VI.6. Soluções Viáveis

O estudo de viabilidade, das soluções propostas tendo avaliado exeqüibilidade, viabilidade econômica e financeira, emergiu com diversas soluções viáveis, a saber:

- nuts;

- dispositivos de expansão (cunhas):

- a - cilindro sobre cunhas;

- b - cunhas complementares;

- c - baralho de cunhas;

- camos simples passivos:

- a - polígono excêntrico;

b - camo de três pontos;

c - triângulo isósceles;

- camos tensionados por molas:

a - Friends;

b - Camalot;

c - TCU 3-Cam (Metolius);

d - Camo duplo.

Sendo assim o projeto pode ser considerado viável e podendo ser levado adiante, para o desenvolvimento do projeto básico.

VII. Projeto Básico

VII.1. Escolha da Melhor Solução

A escolha da melhor solução foi formalizada através de uma matriz de decisão, que não apresenta resultados absolutos e deve ser tomada como uma orientação na escolha.

Para a montagem da matriz de decisão foram utilizados os seguintes critérios com seus respectivos pesos:

- performance econômica (peso 10): naturalmente a performance econômica deve ser levada em grande consideração pois, embora este se trate de um produto de lançamento de marca, ele deve ser auto-sustentável, pois a DeBemComAVida não deve arcar com custos para manter o produto no mercado, também confirmando sua competência de atuar na área.
- investimento necessário (peso 6): o investimento foi avaliado na fase de viabilidade do projeto e, embora existam recursos suficientes para todas as soluções viáveis, um investimento menor disponibiliza dinheiro para outros investimentos.
- risco (peso 7): o risco deve ser também levado em consideração, medindo a probabilidade estimada de sucesso de cada uma das soluções.
- impacto no mercado (peso 10): uma vez que este se pretende um produto que vai lançar uma marca num novo mercado de atuação o impacto que o produto deve causar no mercado é crucial.
- originalidade (peso 9): uma novidade num mercado que já possui diversas soluções para o mesmo problema pode ser a chave do sucesso do produto.
- competitividade do preço ao consumidor (peso 8): desde o princípio do projeto a competitividade do preço ao consumidor foi ressaltada como uma característica importante para a competitividade do produto, este critério também foi levantado como um dos três mais importantes para o consumidor na pesquisa de marketing.

- prazo de implementação (peso 6): os prazos de implementação estimados para cada produto também estão compatíveis com as necessidades da empresa, entretanto um prazo de implementação menor põe o produto na dianteira.
- durabilidade (peso 8): a durabilidade, embora não tenha sido levantada como das mais importantes para o consumidor na pesquisa de marketing, foi considerado um critério bastante relevante para a manutenção do nome da marca a médio prazo.
- desempenho / segurança (peso 9): este critério, relacionado com a confiabilidade e qualidade do equipamento, que foram avaliadas como sendo das mais importantes para o consumidor, é de grande peso.
- desempenho / flexibilidade (peso 10): também relacionado à qualidade do produto a flexibilidade, assim chamando a faixa de tamanhos de fendas que podem ser protegidas pelo dispositivo, é um importantíssimo diferencial para o produto.
- desempenho / facilidade de uso (peso 9): a facilidade de colocação do dispositivo na fenda é muito importante pois é feita num momento crucial, em termos de risco de queda, na escalada. Isso é certamente levado em conta pelos montanhistas na hora da compra.
- manutenção (peso 7): a baixa necessidade de manutenção, assim como a facilidade de executá-la, é também importante para a manutenção da marca.
- aparência (peso 6): a aparência é sempre relevante num projeto, especialmente quando se trata de um bem de consumo.
- afinidade (peso 5): a afinidade com a linha de produção da empresa mais uma vez deve ser relevada na tomada de decisão.

Os pesos utilizados para os critérios variaram de 5 a 10, uma vez que todos os critérios considerados são relevantes. Já as notas tiveram liberdade de variar de 0 a 10, embora poucas vezes tenham sido inferiores a 5.

		Nuts		Cilindro sobre cunhas		Cunhas Complém.		baralho de cunhas	
Critério	Peso	Notas	NxP	Notas	NxP	Notas	NxP	Notas	NxP
performance econômica	10	6	60	6	60	6	60	6	60
investimento necessário	6	10	60	8	48	8	48	6	36
risco	7	9	63	8	56	7	49	6	42
impacto no mercado	10	7	70	8	80	8	80	10	100
originalidade	9	5	45	7	63	7	63	10	90
competitividade do PC	8	10	80	10	80	8	64	7	56
prazo de implementação	6	10	60	7	42	6	36	6	36
durabilidade	8	7	56	6	48	6	48	6	48
desempenho / segurança	9	6	54	8	72	8	72	7	63
desempenho / flexibilidade	10	3	30	6	60	5	50	7	70
desempenho / facil. uso	9	9	81	8	72	8	72	5	45
manutenção	7	9	63	7	49	6	42	6	42
aparência	6	7	42	7	42	7	42	6	36
afinidade	5	9	45	8	40	8	40	8	40
Total			809		812		766		764

Tabela VII.1: Matriz de decisão.

		polígono exêntrico		Camo de três pontos		Triângulo isósceles		Friends	
Critério	Peso	Notas	NxP	Notas	NxP	Notas	NxP	Notas	NxP
performance econômica	10	9	90	5	50	10	100	6	60
investimento necessário	6	9	54	8	48	8	48	5	30
risco	7	9	63	9	63	8	56	9	63
impacto no mercado	10	8	80	8	80	10	100	7	70
originalidade	9	7	63	8	72	10	90	6	54
competitividade do PC	8	10	80	6	48	10	80	5	40
prazo de implementação	6	10	60	8	48	7	42	6	36
durabilidade	8	8	64	8	64	7	56	7	56
desempenho / segurança	9	8	72	8	72	9	81	10	90
desempenho / flexibilidade	10	6	60	6	60	10	100	9	90
desempenho / facil. uso	9	9	81	9	81	8	72	10	90
manutenção	7	9	63	8	56	7	49	7	49
aparência	6	7	42	8	48	7	42	8	48
afinidade	5	9	45	8	40	8	40	7	35
Total			917		830		956		811

Tabela VII.2: Matriz de decisão (cont.)

Critério	Peso	Camalots		Metolius		Camo Duplo	
		Notas	NxP	Notas	NxP	Notas	NxP
performance econômica	10	7	70	4	40	7	70
investimento necessário	6	5	30	5	30	5	30
risco	7	9	63	9	63	6	42
impacto no mercado	10	7	70	7	70	9	90
originalidade	9	6	54	6	54	10	90
competitividade do PC	8	5	40	7	56	6	48
prazo de implementação	6	6	36	6	36	6	36
durabilidade	8	7	56	7	56	6	48
desempenho / segurança	9	10	90	10	90	8	72
desempenho / flexibilidade	10	9	90	9	90	10	100
desempenho / facil. uso	9	10	90	10	90	9	81
manutenção	7	7	49	7	49	6	42
aparência	6	8	48	8	48	8	48
afinidade	5	7	35	7	35	7	35
Total			821		807		832

Tabela VII.3: Matriz de decisão (cont.)

As duas alternativas que se destacaram entre as demais foram o polígono excêntrico e o triângulo isósceles, com vantagem de pontos para o triângulo isósceles. Essa vantagem de pontos para o segundo é devido justamente a um melhor desempenho em alguns quesitos chave da escolha, que são o desempenho econômico, o impacto no mercado, uma vez que este é um produto que pretende lançar uma marca, a originalidade e o desempenho / flexibilidade, que é um grande diferencial na compra do produto. Sendo assim a vantagem fica clara para o triângulo isósceles que fica então como a solução escolhida para o produto a ser desenvolvido.

VII.2. Descrição do Dispositivo

Conforme descrito anteriormente neste trabalho, os dispositivos de camos funcionam sob o princípio de a carga gerar um momento que tende girá-lo num sentido tal que ele trave na fenda em que foi instalado. O triângulo isósceles é um destes dispositivos no qual o princípio físico descrito funciona.

O dispositivo basicamente consiste de duas barras pivotadas em um ponto (ou em dois pontos próximos) em uma das pontas de cada e com a outra ponta livre. Este pivô permite que o ângulo entre as duas barras variem e assim a projeção do comprimento das duas na direção da bissetriz (perpendicular à fenda), o que permite portanto que o dispositivo seja instalado em fendas de

diversas larguras. Entretanto, uma vez o dispositivo instalado, o funcionamento do mesmo depende de que este ângulo não mais se altere significativamente.

Os triângulo isósceles são dispositivos móveis como os dispositivos de expansão e os nuts, e como eles também, contam com as fendas nas rochas para poderem ser utilizados.

A figura abaixo é uma representação simplificada da idealização do dispositivo.

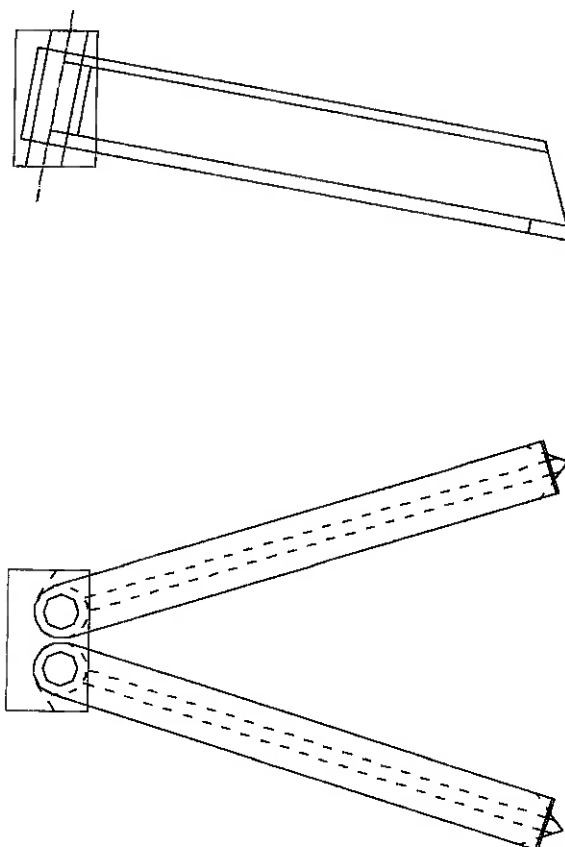


Figura VII.1: O triângulo isósceles

O funcionamento do princípio do camo foi demonstrado para os Friends (dispositivos da Wild Country) no item VI.3 deste trabalho. Nesta seção do trabalho um equacionamento do equilíbrio mais detalhado será apresentado.

VII.2.1. Equacionamento da Queda Padrão

Para que se possa posteriormente dimensionar o dispositivo se faz necessário conhecer os esforços resultantes de uma queda. Conforme explicado anteriormente adotar-se-á a queda padrão da UIAA para teste de cordas dinâmicas como a queda base de projeto.

A queda padrão da UIAA é uma queda de 10m, com um fator de queda 1,6 e uma massa de 80kg. Isso significa que a corda tem um comprimento total de 6,25 metros, sendo que 5 destes estão livres (promovendo assim uma queda de 10m).

Numa fase inicial da queda a corda ainda não se encontra tensionada, estando portanto o alpinista em queda livre. Durante esta queda de 10m o movimento pode ser equacionado pelas três relações básicas da cinemática:

$$S_f = S_0 + V_0 \cdot t + \frac{g \cdot t^2}{2}$$

$$V_f = V_0 + a \cdot t$$

$$V_f^2 = V_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta S$$

onde:

$$V_0 = 0 \text{ m/s}$$

$$S_0 = 0 \text{ m}$$

$$\Delta S = 10 \text{ m}$$

$$a = g = 10 \text{ m/s}^2$$

obtemos:

$$V_f = 14,14 \text{ m/s}, \text{ a velocidade final de queda}$$

$$t_q = 1,414 \text{ s}, \text{ o tempo total de queda livre}$$

Agora, adotando uma nova origem para o tempo e para o espaço, temos que:

$$t = 0 \text{ s}$$

$$V(0) = z'(0) = 14,14 \text{ m/s}$$

$$S(0) = z(0) = 0 \text{ m}$$

Com a corda tensionada podemos montar a equação diferencial que rege o fenômeno. Para um primeiro modelo adotou-se as seguintes hipóteses:

- desprezou-se o amortecimento da corda por dois motivos, primeiro o amortecimento não iria introduzir uma grande variação no primeiro pico de força (o dado mais importante a se tirar desta análise) e segundo não foram encontrados dados disponíveis sem que se tivesse de recorrer a experimentação;
- foi considerada que a corda tem elasticidade constante, também por falta de dados disponíveis.

A diferencial obtida para o movimento foi:

$$m.z'' + k.z = m.g$$

onde:

$$m = 80\text{kg}$$

$$k = 2327,3\text{N/m}$$

$$g = 10\text{m/s}^2$$

o resultado obtido para esta equação foi a senóide:

$$z(t) = 2,62161.\text{sen}(5,39363.t) + 0,343746$$

sendo que esta equação é válida até que o alpinista cruze a origem novamente (enquanto a corda estiver tensionada).

Os gráficos de deslocamento e força obtidos para esta equação na queda encontram-se abaixo.

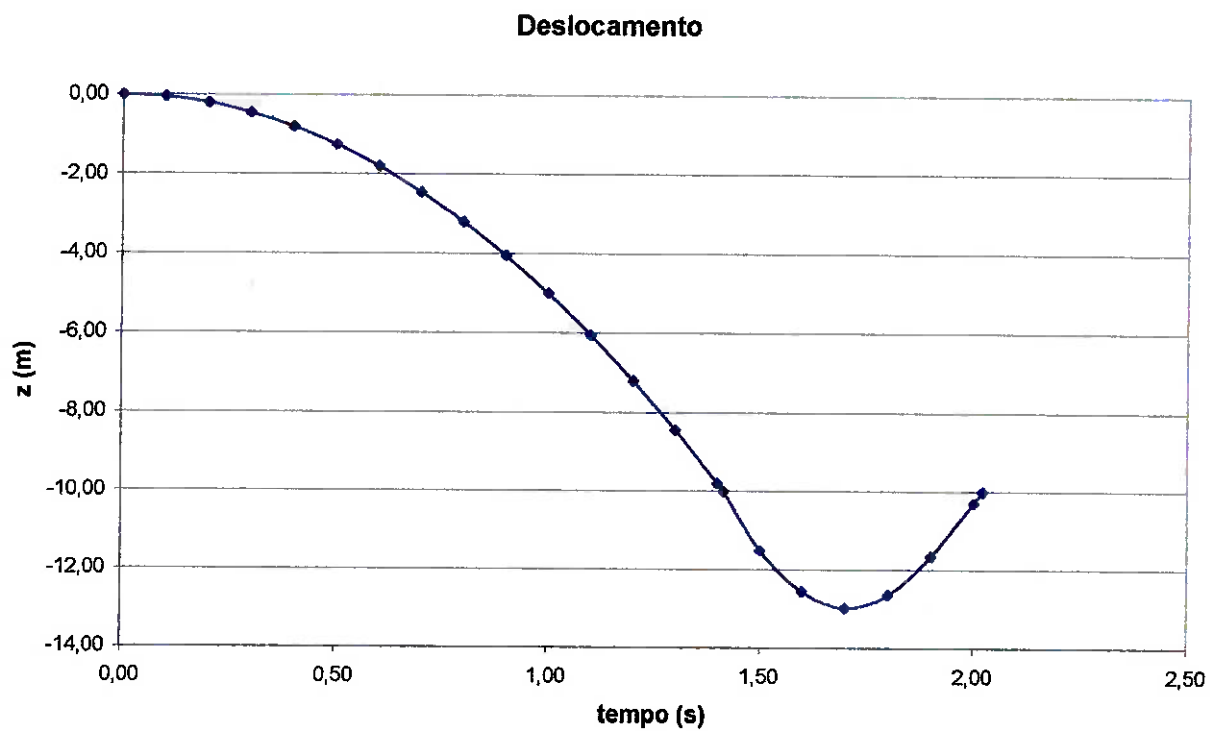


Gráfico VII.1: Deslocamento na queda padrão.

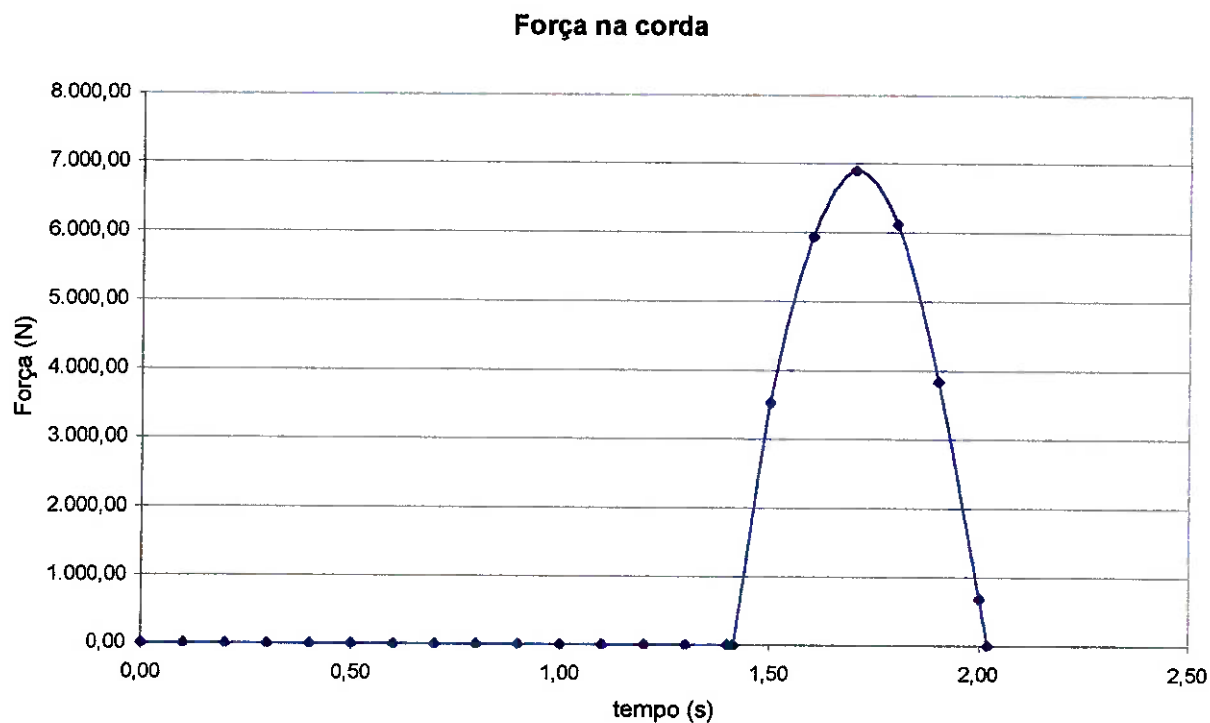


Gráfico VII.2: Força na corda na queda padrão.

Entretanto, prestando atenção nestes resultados, nota-se que, após o tensionamento da corda o alpinista promove uma distensão de praticamente 3m na corda, representando portanto, num comprimento total de 6,25m, uma distensão de 48%. Este valor é muito alto e invalida as hipóteses realizadas, em especial a da elasticidade da corda ser constante. Para resolver este impasse foi necessário a utilização de um novo dado, este dado, oriundo da observação do fenômeno não é de cunho extremamente científico, mas presta-se para a refinação do modelo:

- a distensão da corda numa queda do porte da queda padrão que aqui se utiliza é da ordem de 25% do comprimento da mesma;

Com estes dados em mãos podemos elaborar um novo modelo:

$$m.z'' + k.z^n = m.g$$

onde:

$$m = 80\text{kg}$$

$$g = 10\text{m/s}^2$$

k é uma constante

n é um expoente de z, também constante

o que significa que a força elástica foi modelada como:

$$F_{el} = k.z^n$$

entretanto este modelo é não linear e, embora tenha-se tentado uma solução analítica para a equação, optou-se pela linearização da mesma em intervalos iguais de tempo.

O expoente n da equação é o fator de controle sobre a distensão máxima e deve ser tal que a mesma atinja um valor conforme o especificado (em torno de 25%). A constante k deve ser calculada novamente para os dados de elasticidade do caso estático fornecido pelo fabricante da mesma (5,5% de distensão para massa de 80kg), assim:

$$k = \frac{F_{el}}{z^n}$$

onde:

$$F_{el} = 800\text{N}$$

$$z = 6,25\text{m}.5,5\%$$

Entretanto o valor de k é dependente de n e será calculado em planilha para cada caso.

O modelo linearizado pode então ser escrito como:

$$m.z'' + k_{lm}.z = m.g$$

que tem solução analítica para as mesmas condições iniciais dadas análoga à do primeiro modelo. Os gráficos obtidos de deslocamento, aceleração, velocidade e força encontram-se abaixo, assim como a curva característica da corda:

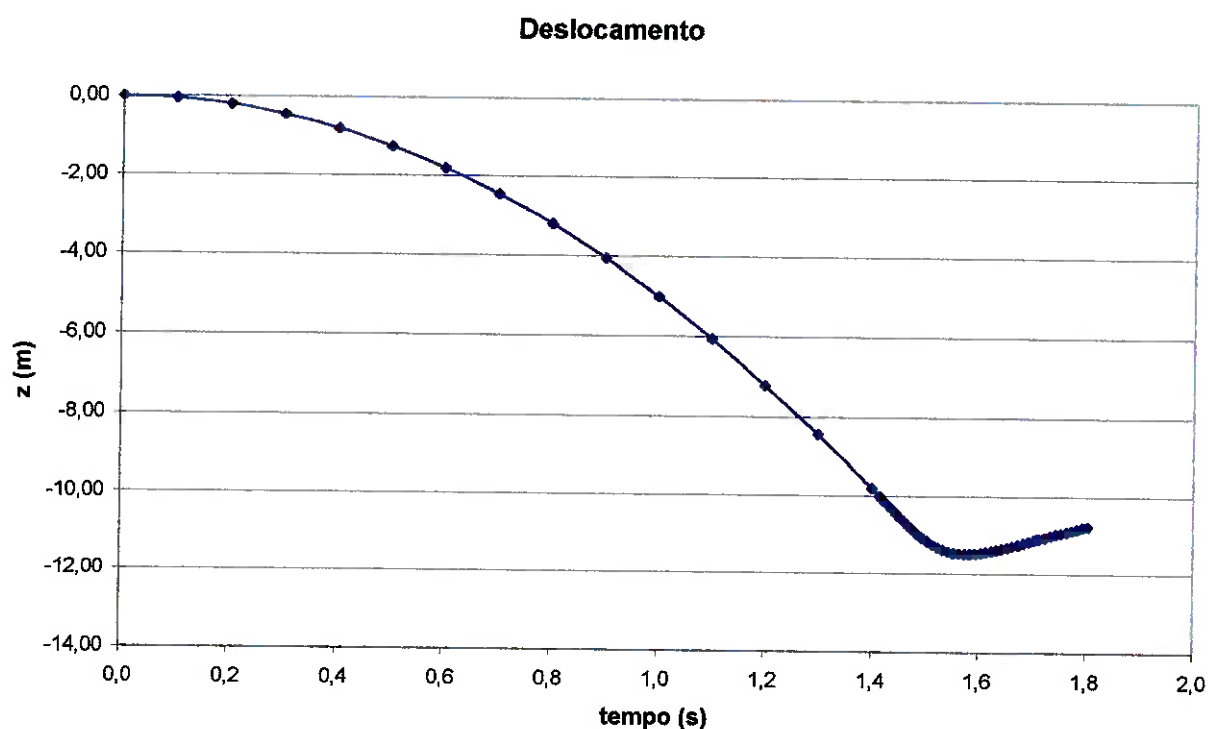


Gráfico VII.3: Deslocamento na queda padrão.

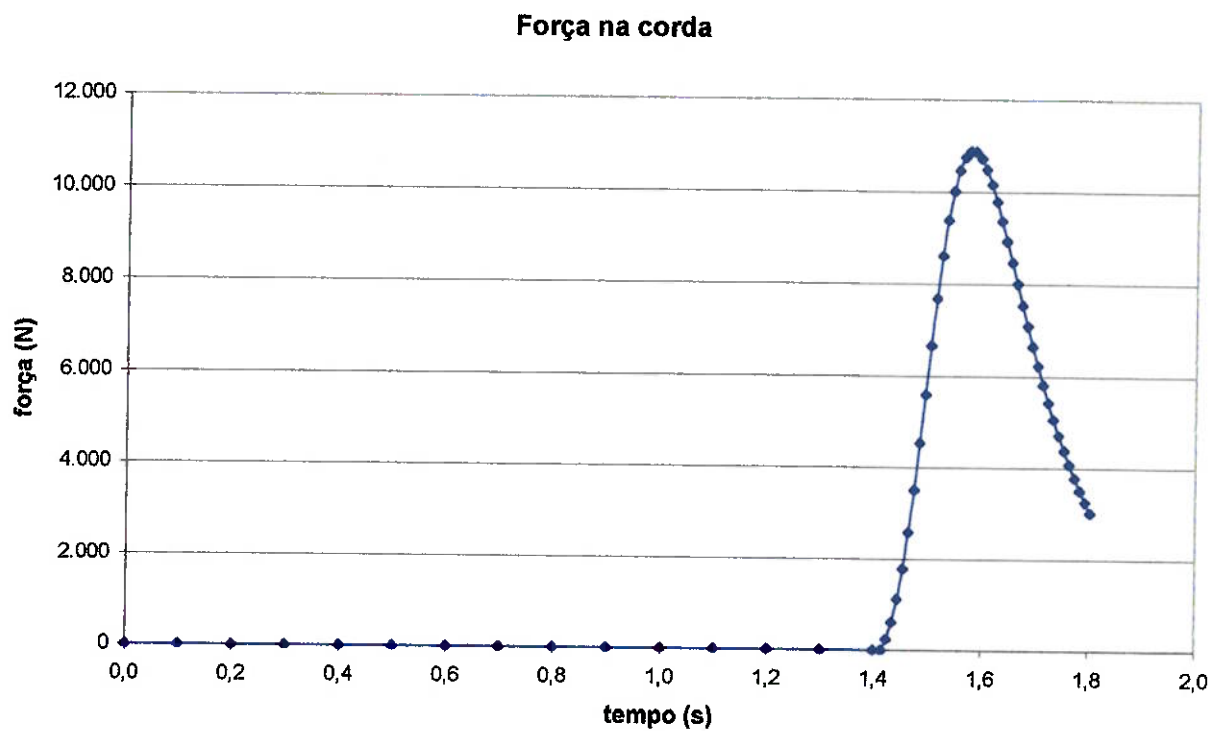


Gráfico VII.4: Força na corda na queda padrão.

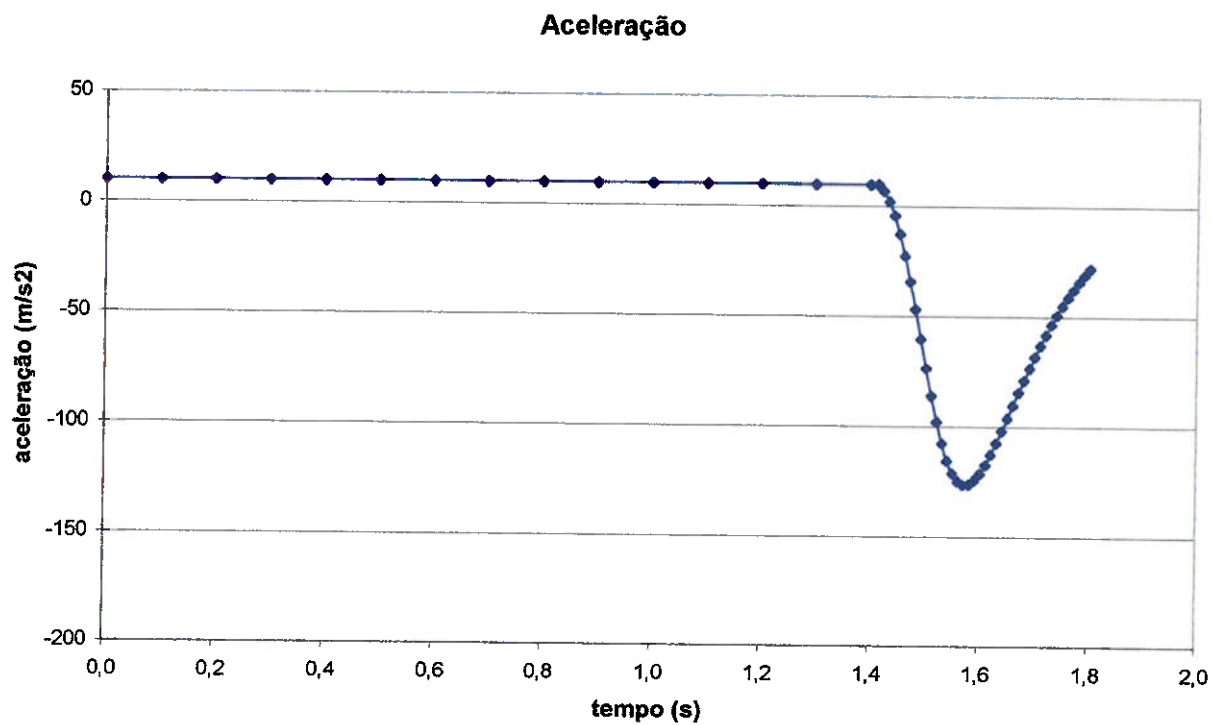


Gráfico VII.5: Aceleração na queda padrão.

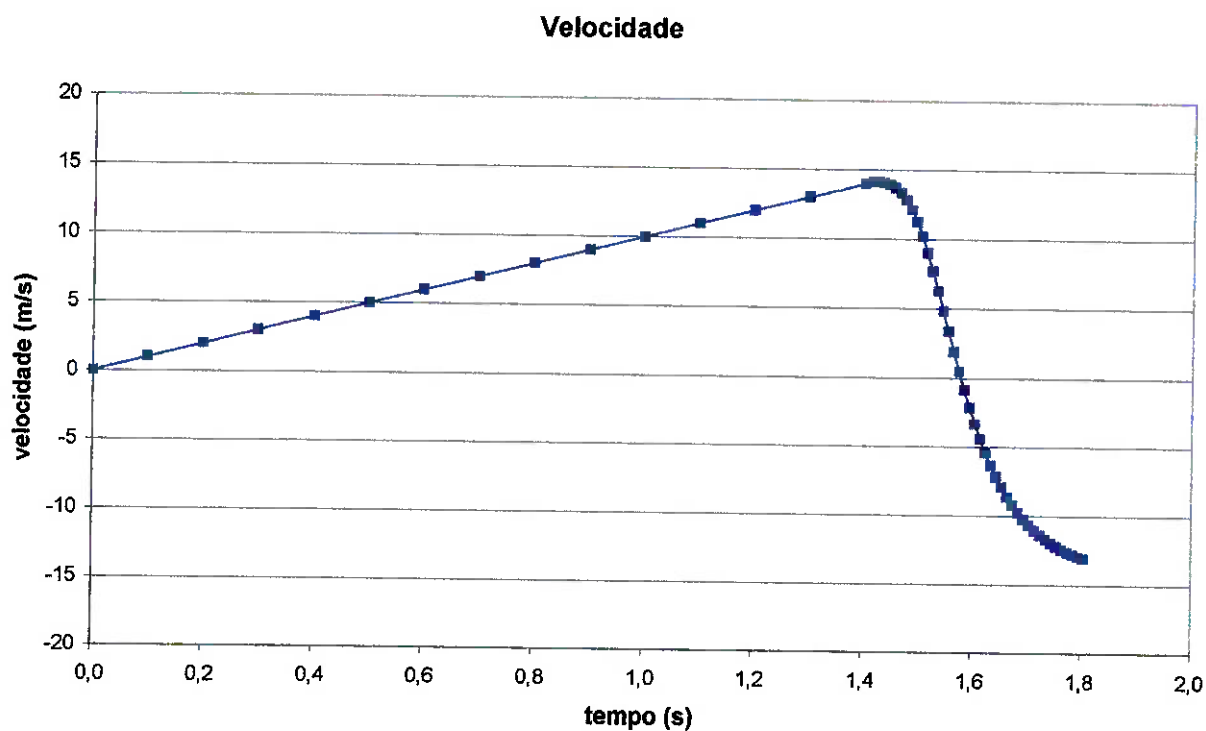


Gráfico VII.6: Velocidade na queda padrão.

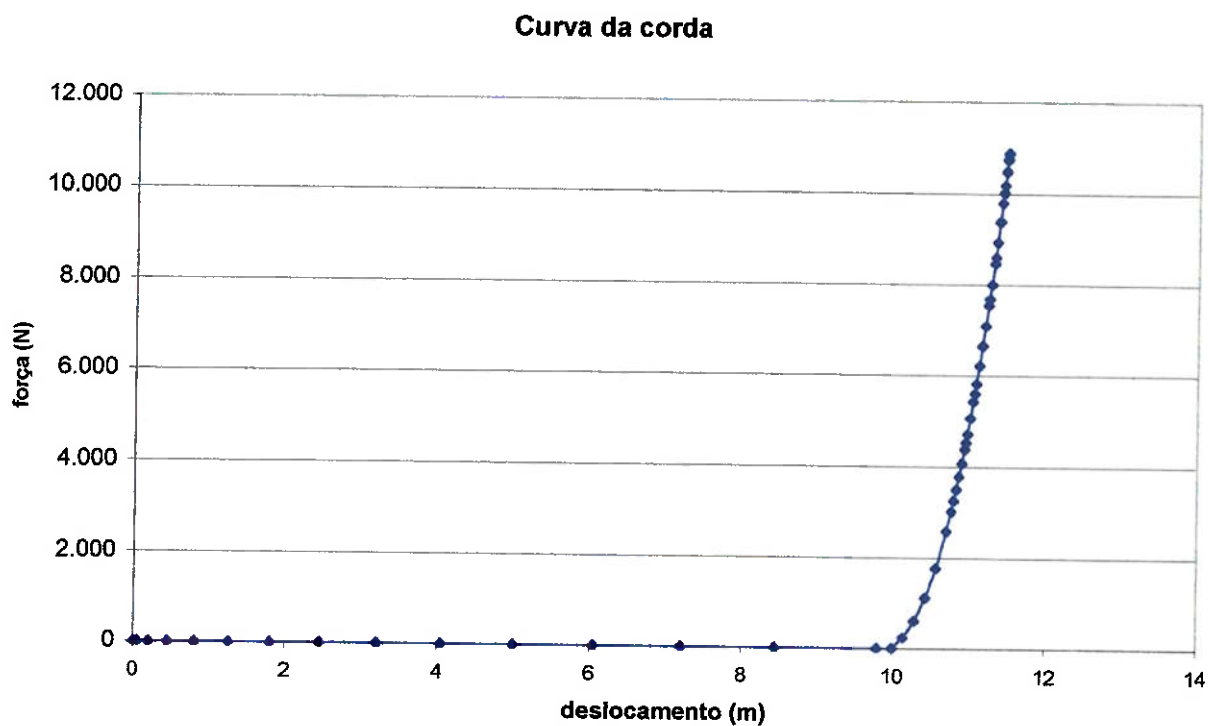


Gráfico VII.7: Curva elástica da corda durante a queda.

Este modelo mostrou-se melhor que o primeiro, chegando a uma distensão final de 1,5m ou 24% do comprimento total da corda, conforme o valor especificado. Este valor foi obtido para um n igual a 2,5. Como pode-se ver claramente na curva elástica da corda a força é uma exponencial do deslocamento, a partir do tensionamento.

O valor mais importante advindo desta análise, como dito anteriormente, é o pico de força durante a queda, que ficou em aproximadamente em 11kN. Sendo assim este deverá ser o valor utilizado para o dimensionamento do dispositivo.

VII.2.2. Equilíbrio do Dispositivo

Para a modelagem matemática do equilíbrio do dispositivo, primeiramente hipóteses sobre como a vinculação foram consideradas. Uma representação do modelo adotado para os vínculos encontra-se abaixo:

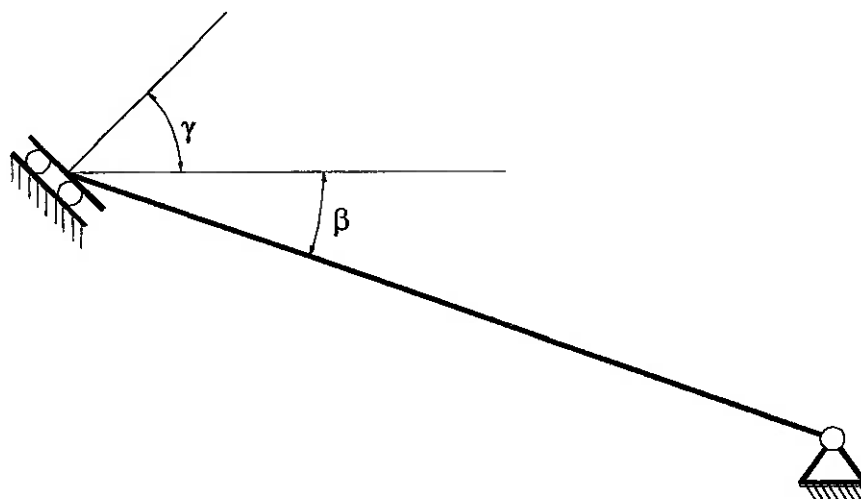


Figura VII.2: Modelos dos vínculos utilizados.

Algumas hipóteses estão embutidas nestes vínculos adotados. A primeira de que o ponto de contato inferior não se desloca com relação à rocha, sendo portanto o centro ao redor do qual o dispositivo gira durante a queda, por isso o vínculo adotado foi o pivô simples. Esta hipótese deve ser posteriormente checada. Na extremidade superior foi utilizado um engastamento deslizante, mas com plano de deslizamento inclinado, para modelar a força de atrito. Neste caso a tangente do ângulo γ é igual ao coeficiente de atrito do par metal / rocha.

Para equacionar o equilíbrio do dispositivo utilizou-se do seguinte diagrama:

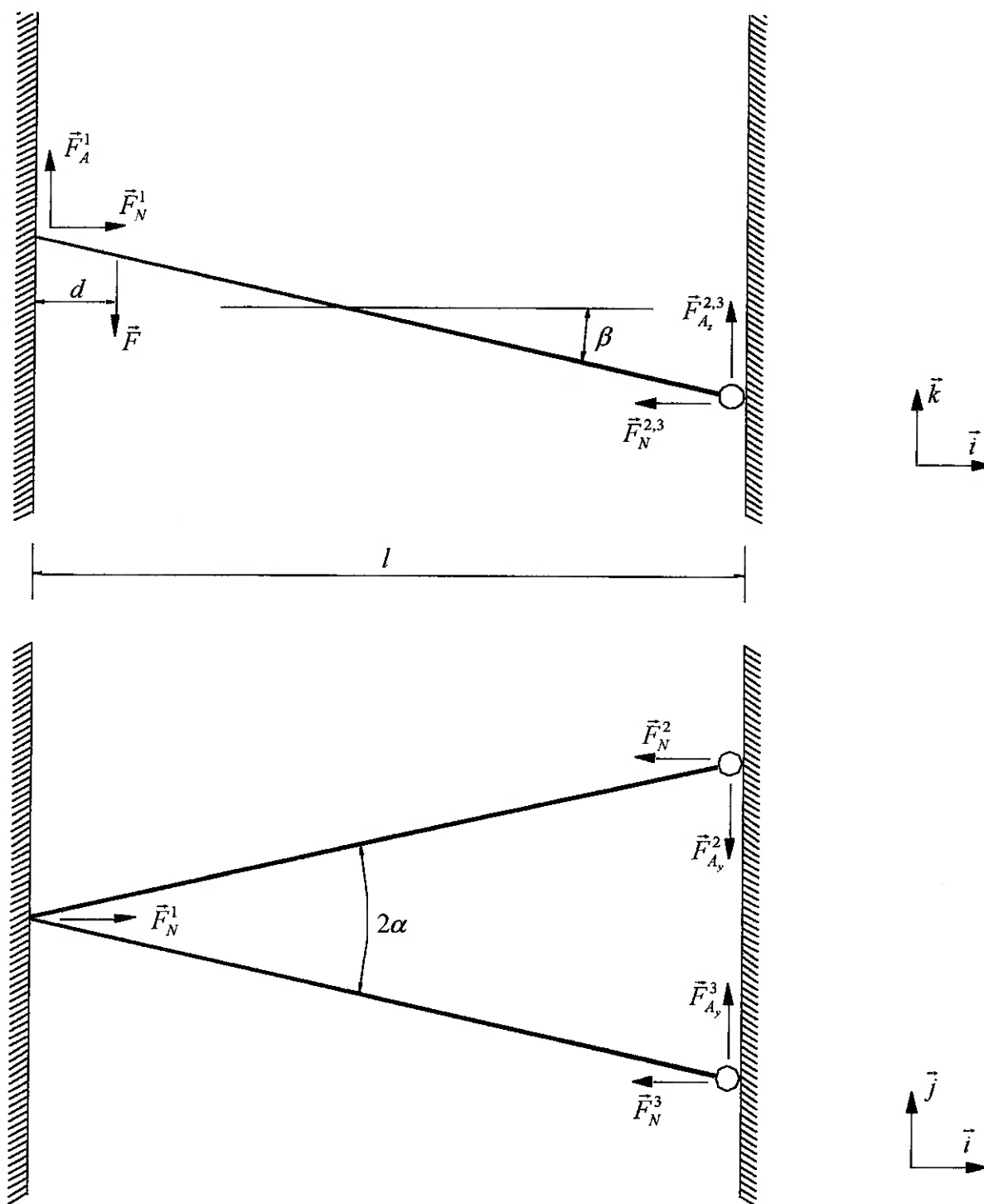


Figura VII.3: Diagrama de equilíbrio do dispositivo.

Este diagrama mostra as forças aplicadas no dispositivo, tanto a carga quanto as reações. O engastamento deslizante não foi representado nesta figura para facilidade de visualização. Os

índices inferiores dizem respeito ao tipo de força (N – normal; A – atrito) e à direção e os superiores ao ponto de aplicação.

Foram também adotadas as seguintes hipóteses:

- $d \ll l$; naturalmente o dispositivo deve ser projetado para que esta hipótese seja a mais próxima possível da realidade, de tal forma que os esforços de flexão no dispositivo sejam minimizadas e o momento de travamento maximizado;
- as paredes da fenda são planas, paralelas e verticais. Hipótese feita para simplificar a análise, sendo que variações destes parâmetros serão estudadas no estudo de sensibilidade, avaliando-se sua influência no desempenho e funcionalidade do dispositivo;
- os deslocamentos devido aos carregamentos são pequenos quando comparados com a dimensão do dispositivo.

Além, é claro, das hipóteses feitas sobre a vinculação.

A partir do diagrama e destas hipóteses pôde-se montar as equações de equilíbrio que seguem abaixo:

- Equilíbrio de forças em x:

$$F_N^1 - F_N^2 - F_N^3 = 0$$

- Equilíbrio de forças em y:

$$F_{A_r}^3 - F_{A_r}^2 = 0$$

- Equilíbrio de forças em z:

$$F_A^1 + F_{A_z}^2 + F_{A_z}^3 - F = 0$$

- Equilíbrio de momentos em x (em torno de 1):

$$F_{A_z}^2 \cdot l \cdot \tan \alpha - F_{A_z}^3 \cdot l \cdot \tan \alpha = 0$$

- Equilíbrio de momentos em y (em torno de 2 / 3):

$$F \cdot (l - d) - F_A^1 \cdot l - F_N^1 \cdot l \cdot \tan \beta = 0$$

- Equilíbrio de momentos em z (em torno de 1):

$$F_{A_y}^3 \cdot l - F_{A_y}^2 \cdot l = 0$$

Além disso, sabe-se, por simetria, que:

$$F_{A_z}^2 = F_{A_z}^3$$

$$F_{A_y}^2 = -F_{A_y}^3$$

$$F_N^2 = F_N^3 = -\frac{F_N^2}{2}$$

Sabe-se também que as forças de atrito atendem às seguintes inequações:

$$\sqrt{(F_{A_y}^2)^2 + (F_{A_z}^2)^2} = F_A^2 \leq \mu_e \cdot F_N^2$$

$$\sqrt{(F_{A_y}^3)^2 + (F_{A_z}^3)^2} = F_A^3 \leq \mu_e \cdot F_N^3$$

também por simetria: $|F_A^2| = |F_A^3|$

O vínculo superior, conforme o modelo adotado, é considerado como deslizante (por que de fato haverá uma acomodação do dispositivo quando for carregado sob impacto), obedecendo à equação:

$$F_A^1 = \mu_d \cdot F_N^1 = \tan \gamma \cdot F_N^1$$

Com as hipóteses feitas para os vínculos e com a hipótese de que $d \gg l$ podemos equacionar o equilíbrio do vínculo superior:

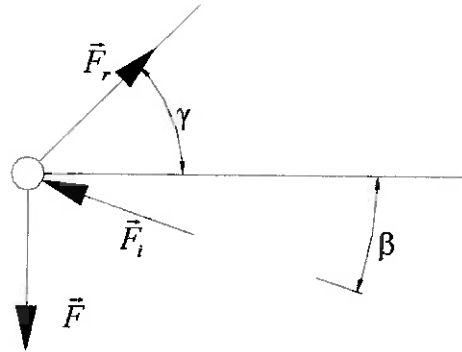


Figura VII.4: Equilíbrio do nó superior.

onde:

$\vec{F}$ é o carregamento;

$\vec{F}_i$ é a projeção dos esforços internos nas hastes;

$\vec{F}_r$ é a força de reação do vínculo.

Para o equilíbrio é necessário que:

$$\vec{F}_r + \vec{F}_i + \vec{F} = \vec{0}$$

ou, em x:

$$F_r \cdot \cos \gamma - F_i \cdot \cos \beta = 0 \quad Eq.1$$

e em z:

$$F_r \cdot \sin \gamma + F_i \cdot \sin \beta - F = 0 \quad Eq.2$$

Sendo $\vec{F}_c$ a força de compressão em cada uma das hastes:

$$F_c = \frac{F_i/2}{\cos \alpha} \quad Eq.3$$

O equilíbrio do vínculo inferior pode ser equacionado por:

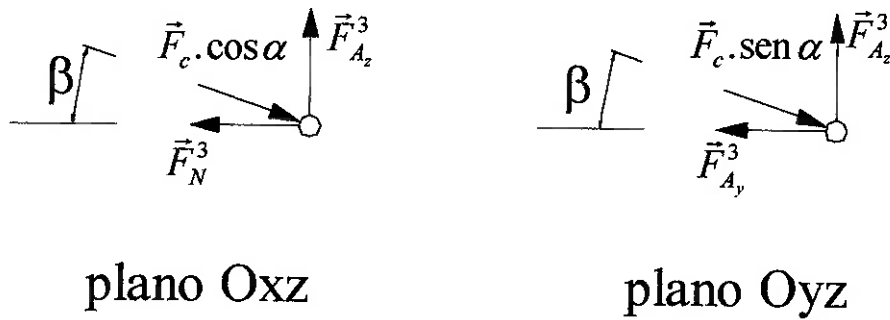


Figura VII.5: Equilíbrio do nó inferior (para o nó 3, mas simétrico ao 2).

em x: $F_c \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta - F_N^3 = 0$ Eq.4

em y: $F_c \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta - F_{A_y}^3 = 0$ Eq.5

em z: $F_{A_z}^3 - F_c \cdot \sin \beta = 0$ Eq.6

Deseja-se desta análise obter a força de compressão (F_c), e as forças de atrito e normais no vínculo inferior ($\vec{F}_A^2$, $\vec{F}_A^3$, $\vec{F}_N^2$ e $\vec{F}_N^3$) em função do carregamento ($\vec{F}$) e dos ângulos α , β e γ .

Pode-se deduzir da Eq. 1:

$$F_r = F_i \cdot \frac{\cos \beta}{\cos \gamma}$$

Substituindo na Eq. 2:

$$F_i \cdot \frac{\cos \beta}{\cos \gamma} \cdot \sin \gamma + F_i \cdot \sin \beta = F$$

$$F_i \cdot (\cos \beta \cdot \tan \gamma + \sin \beta) = F$$

$$F_i = \frac{F}{(\cos \beta \cdot \tan \gamma + \sin \beta)}$$

Como, pela Eq. 3: $F_c = \frac{F_i}{2 \cdot \cos \alpha}$

Temos que:

$$F_c = \frac{F}{2 \cdot \cos \alpha \cdot (\cos \beta \cdot \tan \gamma + \sin \beta)} \quad \text{Eq. 7}$$

Agora, substituindo a Eq. 7 na Eq. 5:

$$F_{A_y}^3 = \frac{F \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta}{2 \cdot \cos \alpha \cdot (\cos \beta \cdot \tan \gamma + \sin \beta)}$$

$$F_{A_y}^3 = -F_{A_y}^2 = \frac{F \cdot \tan \alpha}{2 \cdot (\tan \gamma + \tan \beta)} \quad \text{Eq. 8}$$

E, substituindo a Eq. 7 na Eq. 6:

$$F_{A_z}^3 = \frac{F \cdot \sin \beta}{2 \cdot \cos \alpha \cdot (\cos \beta \cdot \tan \gamma + \sin \beta)}$$

$$F_{A_z}^3 = F_{A_z}^2 = \frac{F}{2 \cdot \cos \alpha \cdot (\cot \beta \cdot \tan \gamma + 1)} \quad \text{Eq. 9}$$

Com as Eqs. 8 e 9 temos então as forças de atrito no vínculo inferior:

$$\vec{F}_A^{2,3} = \mp F_{A_y}^{2,3} \cdot \vec{j} + F_{A_z}^{2,3} \cdot \vec{k}$$

$$\vec{F}_A^2 = -\frac{F \cdot \tan \alpha}{2 \cdot (\tan \gamma + \tan \beta)} \cdot \vec{j} + \frac{F}{2 \cdot \cos \alpha \cdot (\cot \beta \cdot \tan \gamma + 1)} \cdot \vec{k}$$

$$\vec{F}_A^3 = \frac{F \cdot \tan \alpha}{2 \cdot (\tan \gamma + \tan \beta)} \cdot \vec{j} + \frac{F}{2 \cdot \cos \alpha \cdot (\cot \beta \cdot \tan \gamma + 1)} \cdot \vec{k}$$

E, também:

$$|\vec{F}_A^2| = |\vec{F}_A^3| = F_A^2 = F_A^3 = \sqrt{\left(\frac{F \cdot \tan \alpha}{2 \cdot (\tan \gamma + \tan \beta)}\right)^2 + \left(\frac{F}{2 \cdot \cos \alpha \cdot (\cot \beta \cdot \tan \gamma + 1)}\right)^2}$$

Com relação às forças normais nos vínculos inferiores, substituindo-se a Eq. 7 na Eq. 4 pode-se deduzir:

$$F_N^2 = F_N^3 = \frac{F \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta}{2 \cdot \cos \alpha \cdot (\cos \beta \cdot \tan \gamma + \sin \beta)}$$

$$F_N^2 = F_N^3 = \frac{F}{2.(\tan \gamma + \tan \beta)}$$

no sentido $-\vec{i}$.

Com estas equações o equilíbrio do dispositivo já pode ser checado, dependendo apenas dos valores de coeficientes de atrito nas mesmas e dos dois ângulos básicos do dispositivo. O ângulo β será um ângulo fixo (ou quase) durante a utilização do dispositivo e deve ser em torno de 10° a 15° . Este valor deverá ser melhor determinado.

VII.2.3. Coeficiente de Atrito

Uma vez que o dispositivo se equilibra na fenda devido à forças de atrito o valor do coeficiente de atrito a ser utilizado para projeto é de bastante importância. Ao mesmo tempo, pelo par tribológico ser bastante não usual (metal – rocha), não foram encontrados valores a serem aplicados diretamente para o par na literatura. Também existe a problemática de uma grande variação nas propriedades da rocha (dureza, rugosidade).

Dada a situação decidiu-se fazer uso de dados para pares semelhantes encontrados na literatura. Num artigo sobre abrasão em sistemas de três corpos [7] encontrou-se alguns valores interessantes para uso no projeto. Na modelagem do sistema abrasivo foram consideradas forças friccionais entre as partículas abrasivas (areia) e o metal (aço) e valores de coeficientes de atrito dinâmico e de rolamento foram levantados. Seguem gráficos e tabelas do artigo com tais dados:

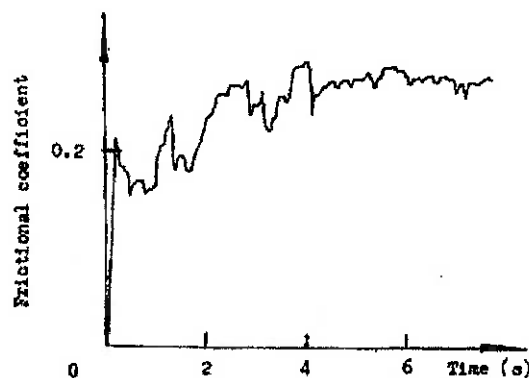


Figura VII.6: Gráfico do coeficiente de atrito dinâmico [7].

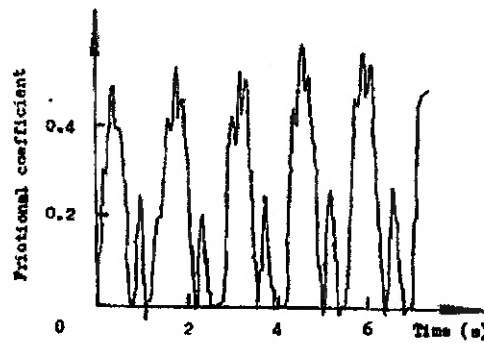


Figura VII.7: Gráfico do coeficiente de atrito de rolamento [7].

Particle number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Particle position										
a/h	0.33	0.40	0.52	0.45	0.40	0.57	0.53	0.35	0.39	0.48
Friction coeff. (μ_s)	0.23	0.22	0.40	0.33	0.24	0.40	0.23	0.22	0.24	0.29

Figura VII.8: Coeficientes de atrito dinâmico [7].

Particle number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Particle position										
a/h	0.58	0.20	0.19	0.60	0.44	0.39	0.57	0.61	0.49	0.69
Friction coeff. (μ_s)	0.67	0.35	0.32	0.80	0.54	0.59	0.76	0.81	0.62	0.77

Figura VII.9: Coeficientes de atrito de rolamento [7].

A partir destes gráficos é possível fazer uma estimativa dos coeficientes de atrito estático e dinâmico do par tribológico em questão. Do gráfico VII.6 pode-se tirar o valor de 0,25 para o atrito dinâmico. Para obter-se o valor do atrito estático deve-se observar a figura VII.9, como as pontas do vínculo inferior deverão conter ranhuras e um formato especial a geometria torna-se um fator de grande importância no coeficiente de atrito local. Como pode-se notar na figura VII.9, em especial nos casos 1, 4, 6, 7, 8 e 10, a posição de “travamento” é muito semelhante à que ocorre no dispositivo, estas posições correspondem aos picos no gráfico VII.7. A partir disso pode-se estar avaliando o valor do atrito estático no vínculo inferior em 0,6.

Dentre estes dois valores o mais crítico em termos de precisão necessária é o estático e este tem de fato mais correlação com a estimativa feita através do par ferro / areia uma vez que os fatores geométricos são bastante importantes. Ainda assim, ambos deverão passar por uma análise de sensibilidade, avaliando-se o quanto variações nestes valores afetariam no funcionamento do

dispositivo e as consequências de eventuais variações, uma vez que o dispositivo deverá funcionar em rochas de diferentes características.

VII.2.4. Modelo Funcional

Foi também executado um modelo funcional em madeira, para que uma melhor idéia dos detalhes construtivos fosse obtida e também fossem possíveis eventuais correções ao construir-se o modelo. O modelo já contém as alterações propostas pelas análises de sensibilidade, compatibilidade e estabilidade. Abaixo encontram-se algumas fotos do modelo:



Figura VII.10: Modelo Funcional.



Figura VII.11: Modelo Funcional.



Figura VII.12: Modelo Funcional: detalhe do bloco.

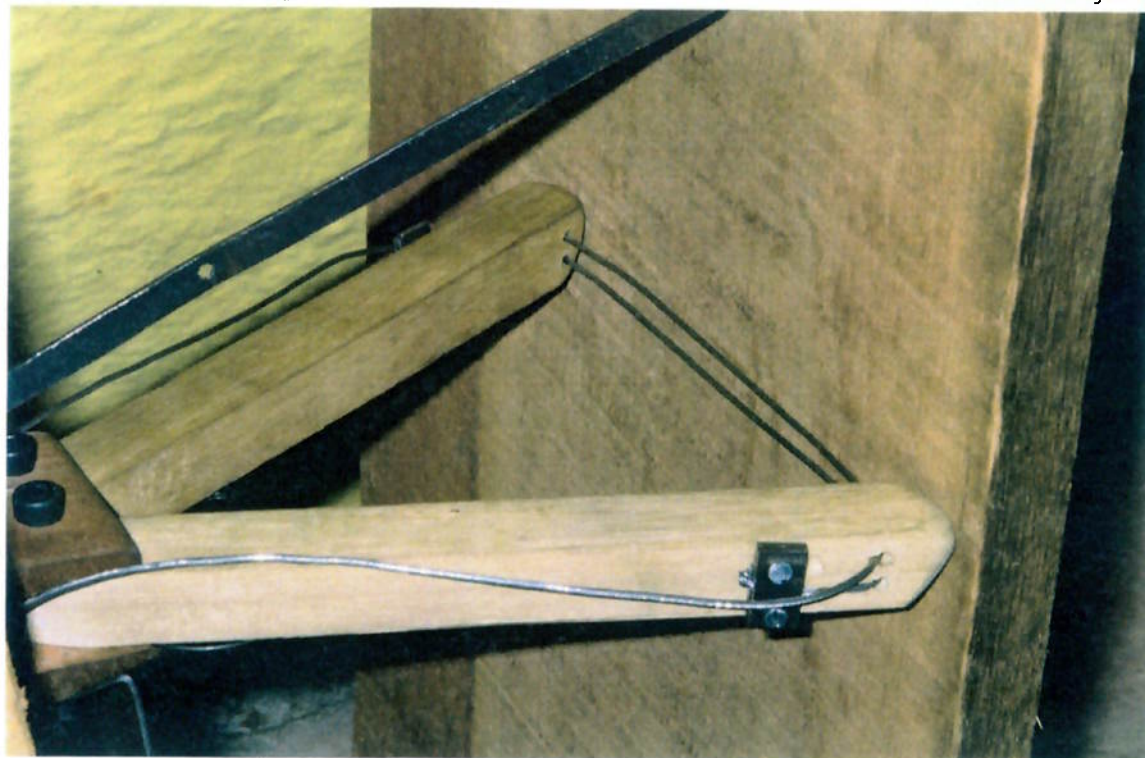


Figura VII.13: Modelo Funcional: detalhe das hastes.



Figura VII.14: Modelo Funcional: fenda que se abre de cima para baixo, caso crítico.



Figura VII.15: Modelo Funcional: fenda horizontal de faces não paralelas.



Figura VII.16: Modelo Funcional: ângulo de abertura igual a 0° .



Figura VII.17: Modelo Funcional: ângulo de abertura máximo.

VII.3. Análise de Sensibilidade

Para a realização da análise de sensibilidade primeiramente deve ser feito um levantamento dos parâmetros mais importantes no sistema.

Diretamente do equacionamento realizado na modelagem matemática pode-se tirar os parâmetros do sistema. Claramente os ângulos do dispositivo são estes parâmetros (incluído aí o γ , decorrente do coeficiente de atrito dinâmico) e o coeficiente de atrito estático.

Além disso considerações sobre a resistência à flambagem trazem novos parâmetros ainda não equacionados como o momento de inércia da seção das hastes e o comprimento das mesmas.

Dentro desta análise de sensibilidade serão analisados aqueles parâmetros que possam sofrer variação significativa durante a utilização do dispositivo, que são: os coeficientes de atrito e o ângulo de abertura das hastes (α). Os demais parâmetros serão arbitrários e poderão sofrer um processo de otimização, em especial o ângulo β e o material e seção das hastes.

Sendo assim será avaliada a sensibilidade do funcionamento do dispositivo em função de variações dos coeficientes de atrito e do ângulo de abertura, sendo também avaliado o ângulo máximo de abertura para os valores de coeficiente de atrito levantados.

O coeficiente de atrito mais importante de ser avaliado, como já mencionado antes, é o estático pois é ele que garante o travamento do dispositivo.

Por isso a primeira análise a ser feita foi a verificação das condições de equilíbrio do vínculo inferior para diversos valores de ângulo de abertura (α), variando entre 0° e 60° , e diversos valores de coeficiente de atrito estático (μ_{est}) em torno de 0,6; variando entre 0,4 e 0,8. Com isso foi obtido um ângulo de abertura máximo para cada valor de μ_{est} . A condição checada para o equilíbrio do vínculo inferior foi:

$$\sqrt{(F_{A_y}^2)^2 + (F_{A_z}^2)^2} = F_A^2 \leq \mu_e \cdot F_N^2$$

$$\sqrt{(F_{A_y}^3)^2 + (F_{A_z}^3)^2} = F_A^3 \leq \mu_e \cdot F_N^3$$

conforme o equacionamento realizado. O valor do máximo ângulo de abertura (e mínimo quando for o caso) pode ser obtido igualando-se os dois lados da inequação:

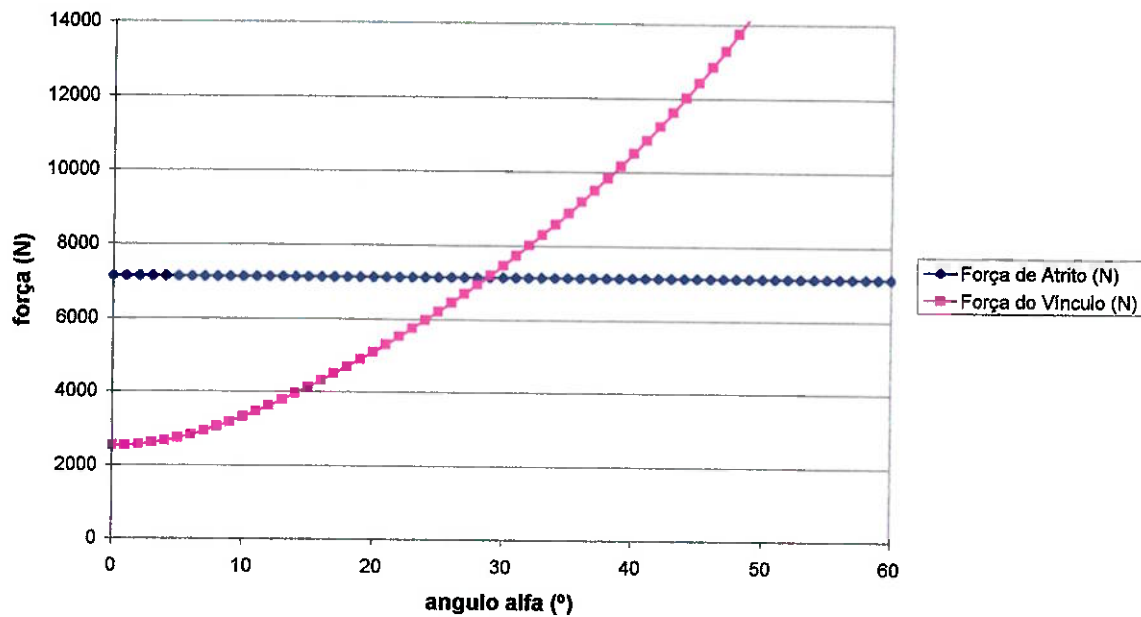
$$F_A^2 = \mu_e \cdot F_N^2$$

$$\sqrt{(F_{A_y}^2)^2 + (F_{A_z}^2)^2} = \mu_e \cdot F_N^2$$

$$\sqrt{\left(\frac{F \cdot \tan \alpha_{\text{máx}}}{2 \cdot (\tan \gamma + \tan \beta)}\right)^2 + \left(\frac{F}{2 \cdot \cos \alpha_{\text{máx}} \cdot (\cot \beta \cdot \tan \gamma + 1)}\right)^2} = \mu_e \cdot \frac{F}{2 \cdot (\tan \gamma + \tan \beta)} \quad \text{Eq.10}$$

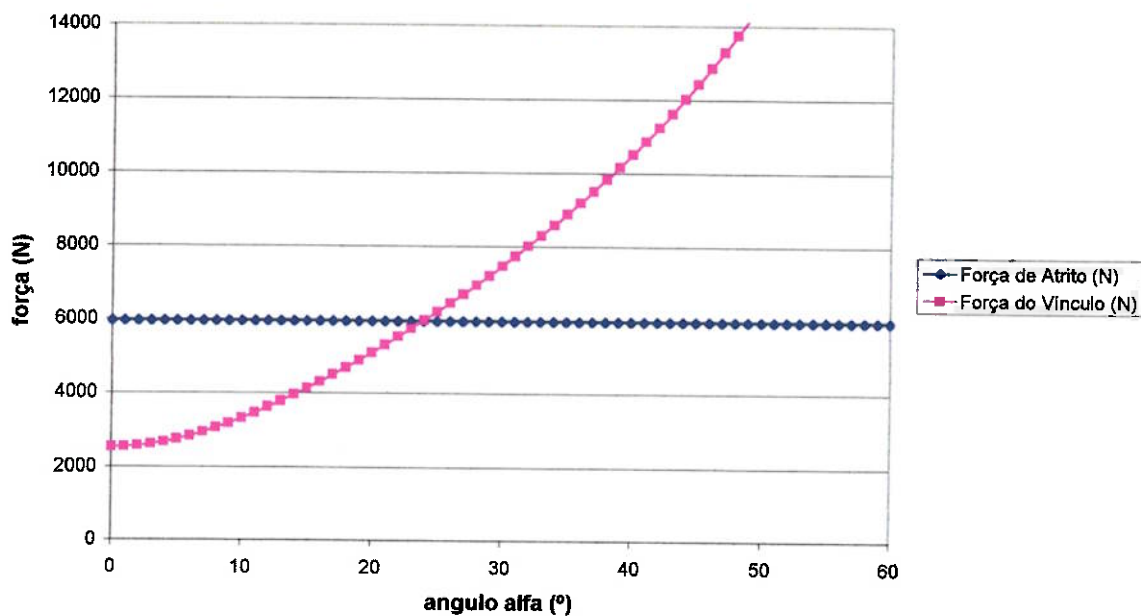
o valor de α que atende a esta equação é o valor máximo do ângulo de abertura para cada caso, esta equação foi resolvida por processo iterativo no Microsoft Excel.

Sensibilidade I

Gráfico VII.8: Força de atrito ($\mu \cdot F_N$) e a força necessária no vínculo para equilíbrio.

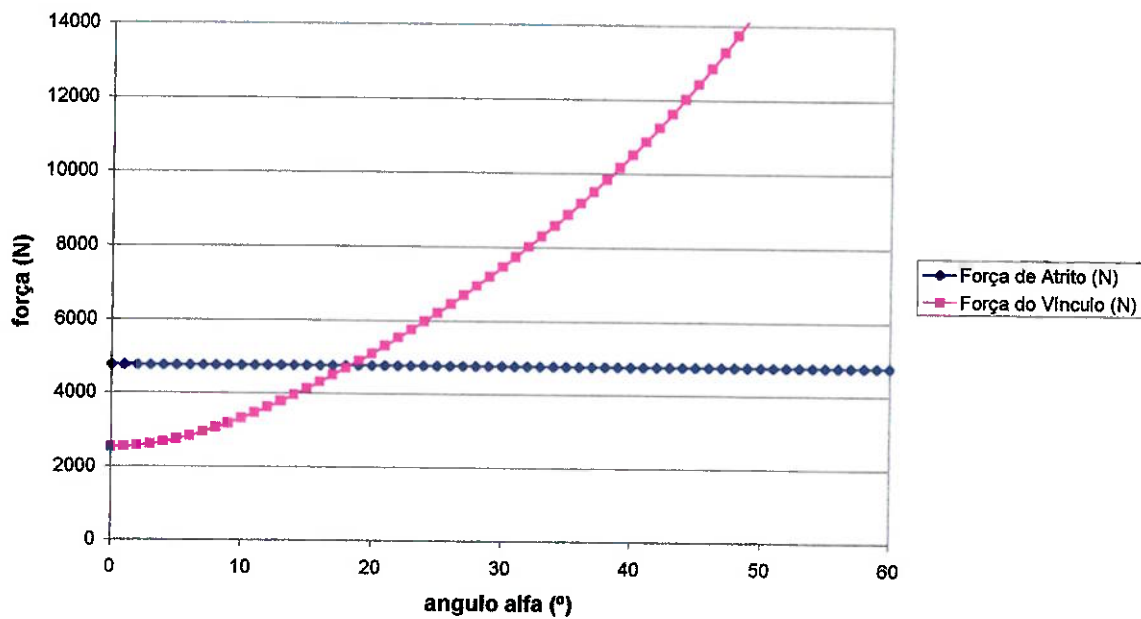
- Força Máxima = 11.000 N
- $\beta = 12^\circ$
- $\tan \gamma = \mu_{\text{din}} = 0,25$
- $\mu_{\text{est}} = 0,6$
- $\alpha_{\text{máx}} = 28,76^\circ$

Sensibilidade II

Gráfico VII.9: Força de atrito ($\mu \cdot F_N$) e a força necessária no vínculo para equilíbrio.

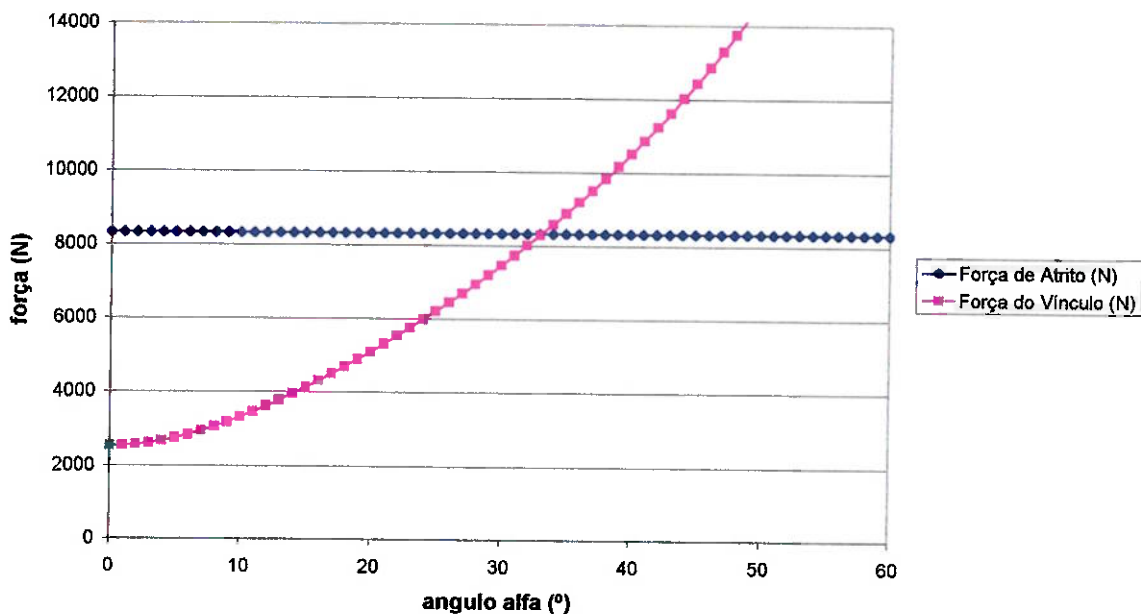
- Força Máxima = 11.000 N
- $\beta = 12^\circ$
- $\tan \gamma = \mu_{\text{din}} = 0,25$
- $\mu_{\text{est}} = 0,5$
- $\alpha_{\text{máx}} = 23,88^\circ$

Sensibilidade III

Gráfico VII.10: Força de atrito ($\mu \cdot F_N$) e a força necessária no vínculo para equilíbrio.

- Força Máxima = 11.000 N
- $\beta = 12^\circ$
- $\tan \gamma = \mu_{\text{din}} = 0,25$
- $\mu_{\text{est}} = 0,4$
- $\alpha_{\text{máx}} = 18,34^\circ$

Sensibilidade IV

Gráfico VII.11: Força de atrito ($\mu \cdot F_N$) e a força necessária no vínculo para equilíbrio.

- Força Máxima = 11.000 N
- $\beta = 12^\circ$
- $\tan \gamma = \mu_{\text{din}} = 0,25$
- $\mu_{\text{est}} = 0,7$
- $\alpha_{\text{máx}} = 33,12^\circ$

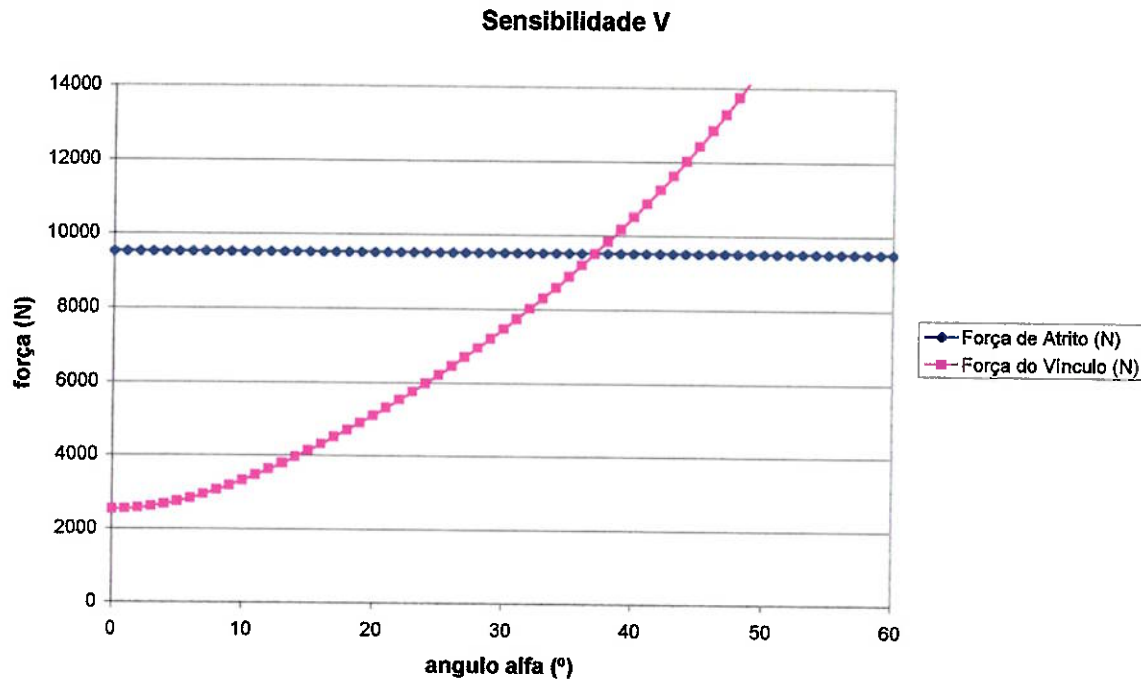


Gráfico VII.12: Força de atrito ($\mu \cdot F_N$) e a força necessária no vínculo para equilíbrio.

- Força Máxima = 11.000 N
- $\beta = 12^\circ$
- $\tan \gamma = \mu_{\text{din}} = 0,25$
- $\mu_{\text{est}} = 0,8$
- $\alpha_{\text{máx}} = 37,03^\circ$

Os gráficos acima (de VII.8 a VII.12) mostram curvas da força de atrito ($\mu_{\text{est}} \cdot F_N$) e da força necessária para o equilíbrio no vínculo para diversos valores de coeficiente de atrito estático. O ponto onde as curvas se cruzam é o ponto onde as inequações descritas no início desta seção deixam de ser atendidas e desta forma o equilíbrio deixa de existir, caracterizando-se portanto como o ponto de máximo ângulo de abertura ($\alpha_{\text{máx}}$). Os gráficos acima podem ser resumidos pelo seguinte gráfico, que mostra como varia o máximo ângulo de abertura ($\alpha_{\text{máx}}$) em função do coeficiente de atrito estático (μ_{est}).

Sensibilidade VI

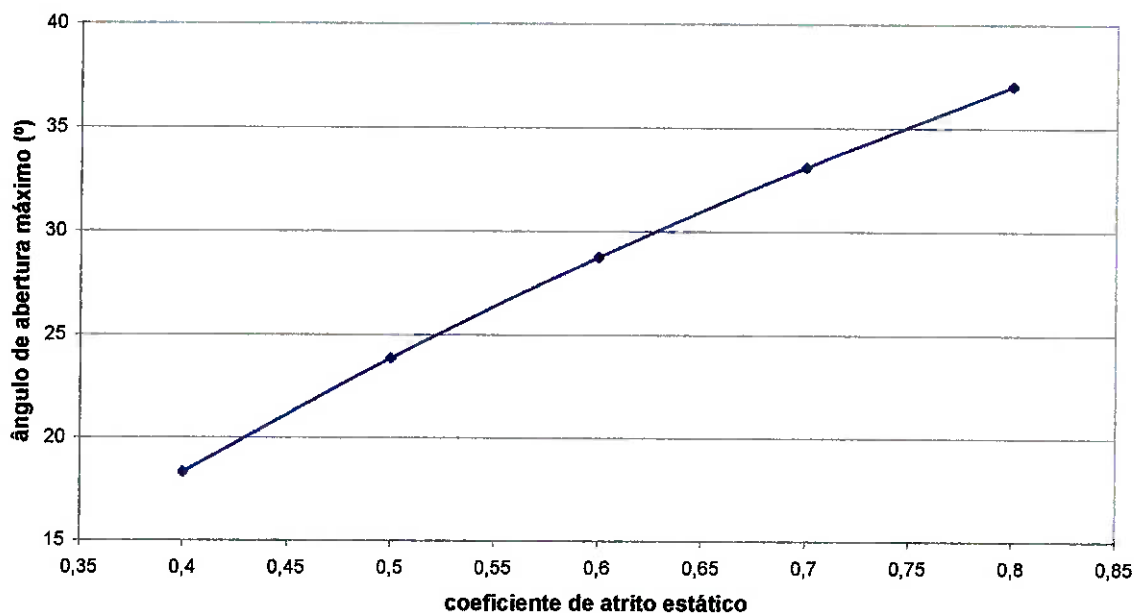


Gráfico VII.13: Ângulo de abertura máximo ($\alpha_{\text{máx}}$) em função do coeficiente de atrito estático.

- Força Máxima = 11.000 N
- $\beta = 12^\circ$
- $\tan \gamma = \mu_{\text{din}} = 0,25$

Este gráfico mostra que a sensibilidade do máximo ângulo de abertura ao coeficiente de atrito estático é relativamente grande e, além disso que o máximo ângulo de abertura para o valor de coeficiente de atrito adotado é aproximadamente 28° , valor pequeno, uma vez que é este ângulo que limita a faixa de fendas em que um mesmo dispositivo pode ser utilizado. Com o $\alpha_{\text{máx}}$ igual a 28° o dispositivo poderá operar numa faixa de $0,88l$ a l , onde l é o comprimento das hastes, o que é muito pouco para a abrangência de tamanho de fendas desejado.

Uma forma simples para solucionar este problema, sob a pena do aumento da força de compressão nas hastes (fator crítico no dimensionamento das mesmas), é fazer com que o cabo de aço que vai receber a carga, ao invés de ser solidário ao bloco que constitui o vínculo superior, passe por conduites de tal forma que exerça uma força de aproximação entre as pontas das hastes, como um tirante entre as pontas que tende a aproximar as mesmas com uma força $F/2$, onde F é o valor da carga.

Valem ser notados alguns detalhes destes gráficos, em especial a força máxima de 11.000 N utilizado como base de cálculo para todos os gráficos. Este valor é o valor de pico obtido no equacionamento da queda padrão realizado. É bom ressaltar que, apesar que, apesar do valor ter sido usado como base de cálculo o máximo ângulo de abertura independe do mesmo como pode

ser notado na Eq.10. Também o valor de coeficiente de atrito dinâmico de 0,25 é utilizado como base de cálculo, mas como pode-se notar pelo gráfico abaixo o máximo ângulo de abertura é insensível ao mesmo.

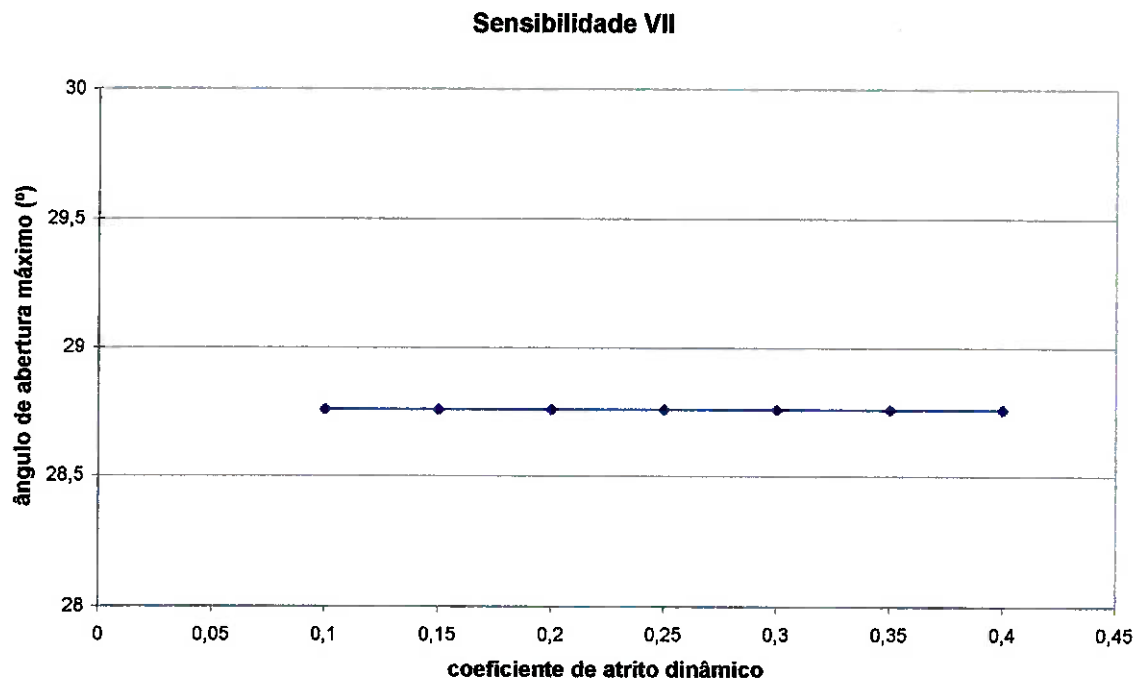


Gráfico VII.14: Ângulo de abertura máximo ($\alpha_{\text{máx}}$) em função do coeficiente de atrito dinâmico.

- Força Máxima = 11.000 N
- $\beta = 12^\circ$
- $\mu_{\text{est}} = 0,6$

Para avaliar a colocação do tirante proposto e também a sensibilidade da força de compressão nas hastes ao coeficiente de atrito dinâmico ($\mu_{\text{din}} = \tan \gamma$) foram utilizados os três gráficos seguintes, os dois primeiros avaliando a força de compressão sem e com o tirante e o terceiro os ângulos de abertura máximos e mínimos.

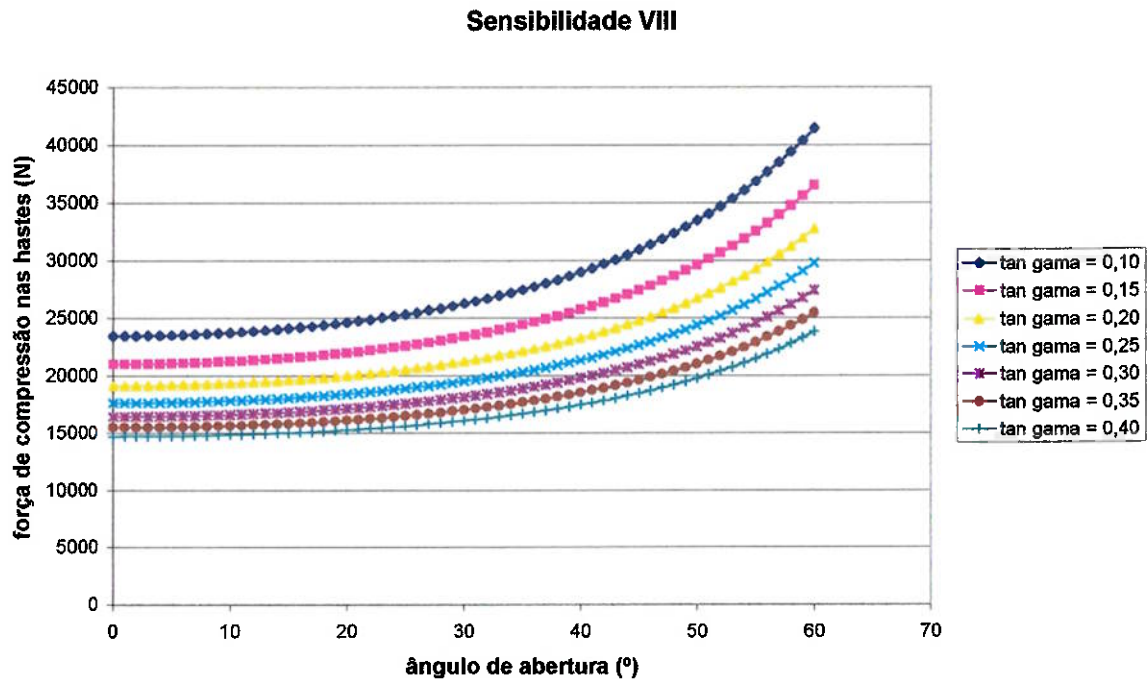


Gráfico VII.15: Força de compressão nas hastes em função do ângulo de abertura (α) e do coeficiente de atrito dinâmico ($\tan \gamma$), sem tirante.

- Força Máxima = 11.000 N
- $\beta = 12^\circ$

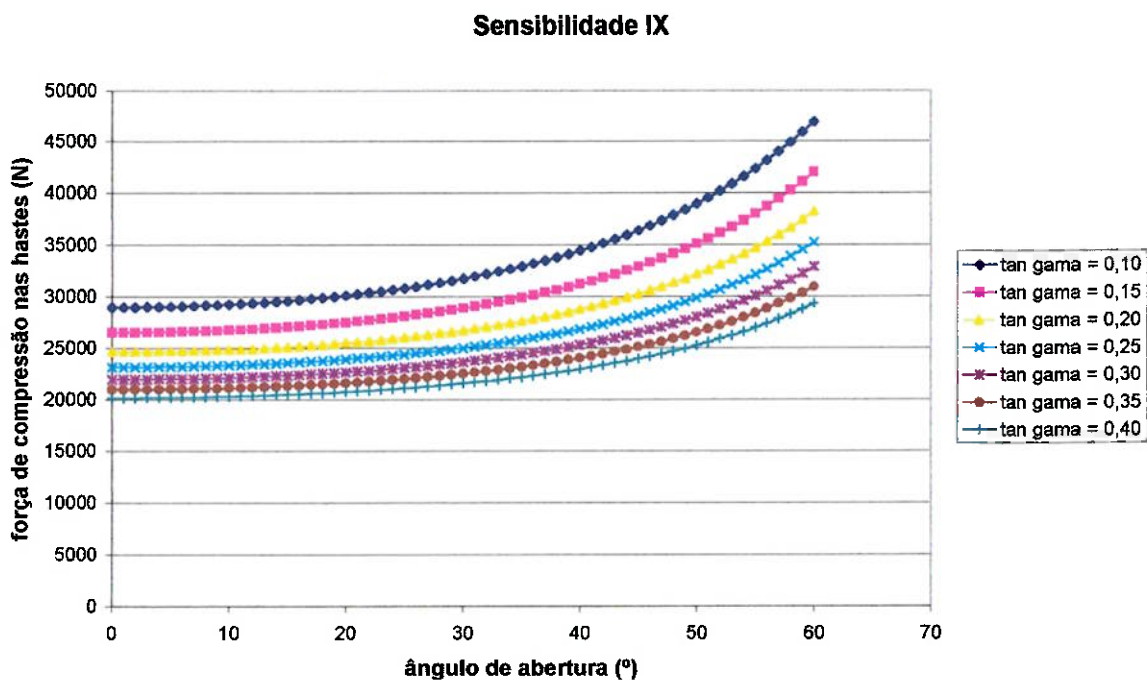


Gráfico VII.16: Força de compressão nas hastes em função do ângulo de abertura (α) e do coeficiente de atrito dinâmico ($\tan \gamma$), com tirante.

- Força Máxima = 11.000 N
- $\beta = 12^\circ$

Através destes gráficos é possível compreender a influência do ângulo de abertura e do coeficiente de atrito dinâmico na força de compressão nas hastes. Uma diminuição no coeficiente de atrito gera um aumento na força de compressão, assim como o faz um aumento no ângulo de abertura. Os gráficos deixam claras estas relações. Naturalmente a presença do tirante no dispositivo desloca as curva de 5500 N, aumentando a força de compressão.

Apesar da sensibilidade da força de compressão das hastes ser inerente ela não traz nenhuma consequência uma vez que basta que as mesmas sejam adequadamente dimensionadas para os esforços aqui calculados.

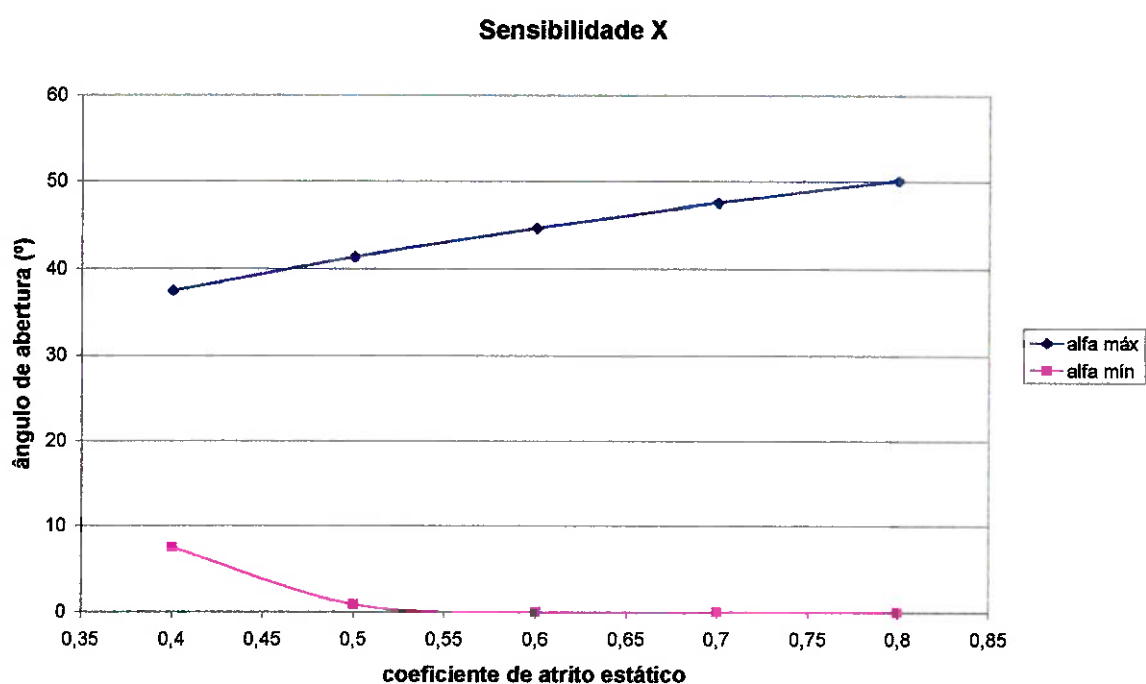


Gráfico VII.17: Ângulo de abertura máximo ($\alpha_{\text{máx}}$) e mínimo ($\alpha_{\text{mín}}$) em função do coeficiente de atrito estático.

- Força Máxima = 11.000 N
- $\beta = 12^\circ$
- $\tan \gamma = \mu_{\text{din}} = 0,25$

Este gráfico mostra a inserção do tirante no dispositivo e o seu efeito no desempenho, claramente ele torna o dispositivo muito melhor e mais flexível em termos de faixa de abrangência de largura de fendas. Neste caso para um coeficiente de atrito estático de 0,6 o ângulo de abertura máximo sobe de 28° para 45° , podendo-se então trabalhar numa faixa de 0,71 a 1, valores muito superiores. Também, como pode ser notado pelo gráfico, a presença do tirante faz com que se recaia num outro problema, o de fechamento das hastes, para o que se determinou a curva de ângulo de abertura mínimo. Entretanto este problema passa a aparecer

para valores de coeficiente de atrito estático abaixo de 0,53 e uma vez que o valor base de 0,6 já foi tomado baixo por questões de segurança o problema de fechamento das hastes não deve ocorrer.

Sendo assim decide-se pela utilização do tirante no dispositivo uma vez que traz um grande benefício no desempenho e que os problemas ocasionados são contornáveis com um bom dimensionamento.

Da análise de sensibilidade pôde-se tirar um bom conhecimento de como os parâmetros influem no desempenho do dispositivo, como principais conclusões pode-se ressaltar as variações no coeficiente de atrito dinâmico podem e devem ser previstas no dimensionamento das hastes, mas que ao mesmo tempo este valor deve ser maximizado por fatores geométricos através de ranhuras na superfície do bloco que entra em contato com a rocha, minimizando-se assim o esforço nas hastes. Também é importante notar que as variações no coeficiente de atrito estático tender a ser para valores maiores que o base de 0,6, entendendo-se então que o desempenho do dispositivo tender a ser melhor que o aqui apresentado, ainda assim o valor base foi tomado baixo, conservadoramente.

O máximo ângulo de abertura é medida direta do desempenho do dispositivo, uma vez que é este que avalia a faixa de largura de fendas em que o mesmo dispositivo apresenta condições de travamento, por isso ele foi tomado como a medida para esta análise de sensibilidade.

VII.4. Análise de Compatibilidade

Embora o dispositivo seja simples e até dificilmente divisível em subsistemas, a análise de compatibilidade certamente ainda pode trazer critérios e detalhes importantes para o produto.

Pensando no funcionamento do dispositivo pode-se fazer a seguinte classificação de subsistemas:

- bloco;
- hastes;
- rocha, pois é onde o dispositivo se fixa;

- auxiliares, incluindo os sistemas abertura e fechamento e de transmissão da carga (cabo de aço).

Estes subsistemas se relacionam da seguinte maneira:

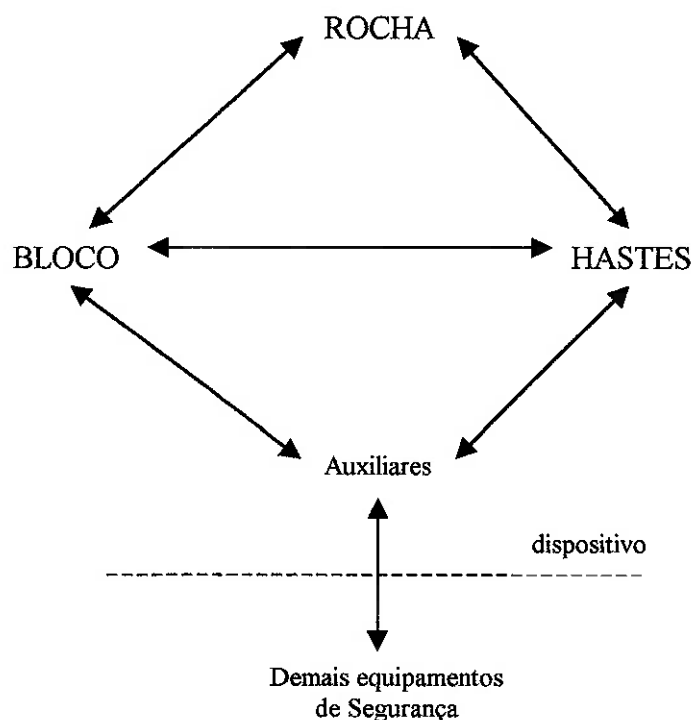


Figura VII.18: Relações entre os subsistemas do dispositivo.

Daí tem-se as seguintes relações a serem analisadas:

- Relação entre o bloco e a rocha:

Ao analisar-se esta relação tem-se como principal ponto o coeficiente de atrito entre as duas superfícies, que deve ser maximizado de tal forma a minimizar as forças de compressão nas hastes. Isto, conforme dito anteriormente, pode ser feito através de alterações geométricas – ranhuras – na superfície do bloco que entra em contato com a rocha. Pouco precisa-se considerar com relação à integridade do bloco ou da rocha nesta relação, uma vez que a área de contato é grande e certamente não ocasionará danos de superfície à rocha, com relação ao bloco certamente haverá formação de riscos, e o desgaste da peça será visível. Vale notar que o carregamento do dispositivo pode ocasionar quebra ou trinca na rocha se for colocado em locais

de baixa resistência, mas isso deve ser considerado como mau uso uma vez que a escolha do local onde colocar o dispositivo é do usuário e deve ser feita criteriosamente levando também este ponto em consideração.

- Relação entre as hastes e a rocha:

As considerações feitas com relação ao coeficiente de atrito dinâmico entre o bloco e a rocha também são relevantes aqui, o aumento do coeficiente de atrito é bem vindo e deve ser almejado, entretanto pensando nisso foram criadas as hastes pontiagudas e estas podem vir a causar danos superficiais à rocha. Uma vez que este produto tem como motivação não agredir o ambiente (este é um dos principais motivos pelos quais dispositivos de segurança móvel são utilizados) recomenda-se aqui que a ponta da haste seja alterada para uma superfície esférica, ainda de área pequena (garantindo a condição geométrica do par tribológico em questão), mas já significativa, de tal forma que a integridade da rocha seja garantida. Ainda assim a utilização de ranhuras também na superfície da esfera poderá aumentar o coeficiente de atrito estático, conseqüentemente melhorando o desempenho do produto.

- Relação entre o bloco e as hastes:

A união entre as hastes e o bloco é feita através de pinos, entretanto vale chamar a atenção de que não são estes pinos que resistem à brutal compressão a que é submetida o dispositivo, existe contato direto entre as hastes e o bloco, como se fosse um encosto das hastes no bloco, de forma a justamente aliviar os pinos e as seções resistentes do bloco que o prendem. A usinagem destas peças deve ser feita de tal forma que exista um fácil deslizamento entre elas e ao mesmo tempo este encosto seja garantido.

- Relação entre os auxiliares e o dispositivo:

Os dispositivos auxiliares, no caso cabos de aço, molas, buchas, presilhas e etc, servem basicamente para facilitar a colocação do dispositivo na rocha – que deve ser passível de ser feita com uma única mão – e para promover a integração com o restante do equipamento de segurança do montanhista. Com relação às partes auxiliares deve-se ressaltar que estes devem ser o mais simples possível sem que estes atrapalhem o desempenho dos demais subconjuntos e também devem promover uma boa integração com o resto do equipamento de segurança do montanhista.

VII.5. Análise de Estabilidade

Como se sabe a análise de estabilidade visa prever os resultados de entradas que não aquelas para as quais o dispositivo foi projetado, ou seja, visa prever as consequências de eventuais “acidentes”. Desta maneira esta análise se inicia com o levantamento dos possíveis acidentes e aqueles que se deseja estudar.

Seis foram os tipos de acidentes previstos no uso do produto:

- magnitude da força maior que a de projeto;
- direção da força diferente daquela da aplicação de carga normal;
- tipos diferentes de fendas;
- má colocação do dispositivo;
- má conservação do dispositivo;
- má integração entre o dispositivo e os demais equipamentos de segurança.

Cada um dos tipos de acidentes pode ser tratado separadamente.

VII.5.1. Magnitude da força

Com relação à magnitude da carga duas coisas podem fazer com que o dispositivo sofra uma carga maior do que a de projeto:

- uma queda maior (com maior energia potencial) do que a queda padrão da UIAA.
- uma equalização mal feita, que amplifique a carga aplicada em dois pontos de fixação.

É natural que exista a possibilidade de ocorrerem quedas maiores do que a queda padrão da UIAA e, se o fator de queda for o mesmo (1,6), fatalmente o pico da carga será maior que a de projeto. Entretanto a queda padrão da UIAA é bastante crítica, devido à grande altura de queda e ao elevado fator de queda, sendo então o valor de carga pico relevante como base para projeto. Poderá ocorrer falha do dispositivo, que poderá sofrer colapso, provavelmente sob a forma de flambagem ou quebra, se a carga exceder o valor de projeto. Ainda assim é natural que exista

uma margem de segurança para a carga de projeto, sendo que então o dispositivo deverá absorver cargas até, eventualmente, 20% mais elevadas. Vale ressaltar que o superdimensionamento do dispositivo traz perda direta no peso, característica importante do produto.

VII.5.2. Direção da força

Três tipos de ocorrência podem vir a acontecer no que diz respeito à direção da carga aplicada, que são:

- queda em travessia: pendular;
- desvio da força através de mudanças de direção do cabo de aço ou da corda devido à contato com a rocha;
- esforços devidos à própria escalada, ao se puxar a corda para subir.

Os dois primeiros podem ser encaixados na mesma análise pois, embora resultem em esforços de magnitude muito maior do que o terceiro a componente em z é invariavelmente para baixo. Isto significa que o dispositivo sempre funciona nestes casos pois a tendência é de que, em queda, a principal componente seja neste eixo, promovendo sempre o travamento do dispositivo. Uma queda em pêndulo, por exemplo, não traria consequências ao funcionamento normal do dispositivo. O mesmo ocorre com o segundo caso de acidentes, entretanto para estes precisa-se avaliar a consequências do desvio para a corda ou para o cabo de aço, curvas muito bruscas podem causar falhas ou comprometimento dos mesmos, mas isso será elocubrado no próximo item: Má colocação.

Já os esforços devido à própria escalada, na atual configuração do dispositivos foram identificadas como potencialmente perigosas, e são também bastante comuns. Uma força aplicada para cima pode tirar o dispositivo da posição fazendo com que o mesmo perca totalmente sua utilidade. Esta consequência deste acidente pode ser resolvida através da colocação de uma terceira haste, transformando o dispositivo numa espécie de tetraedro, com um terceiro ponto de apoio, não alinhado com os demais. Naturalmente esta haste não precisa ter as mesmas características resistentes das demais, uma vez que deve suportar apenas os pequenos esforços normais da escalada.

VII.5.3. Tipos diferentes de fendas

Algumas variações de tipos de fenda podem influenciar o desempenho do dispositivo. Destacam-se os seguintes tipos:

- fendas inclinadas;
- fendas horizontais;
- fendas que se abrem de cima para baixo;
- fendas que se fecham de cima para baixo;
- fendas que se abrem de dentro para fora;
- fendas que se fecham de dentro para fora.

Com relação à inclinação da fenda têm-se dois casos, as inclinadas e as horizontais. É fácil perceber que o dispositivo funciona nas fendas inclinadas, devendo haver o cuidado pelo usuário de manter as pontas das hastes sempre mais baixas que o bloco (embora o dispositivo funcione da outra forma o desempenho é melhor assim). Com relação às fendas horizontais é necessário um posicionamento especial, com as duas hastes principais apontadas para baixo e voltadas para o exterior da fenda, mas é possível usar o dispositivo nestas fendas sem comprometimento do desempenho.

As fendas que se abrem de cima para baixo são ótimas, uma vez que o seu efeito de cunha sobre o dispositivo tende a melhorar e muito o seu desempenho. Já as que se fecham são mais complicadas, podem ser consideradas como o caso crítico, o dispositivo, neste caso, dependendo do grau deste fechamento, deve funcionar quando bem colocado, entretanto este tipo de fenda não deve ser considerado como uma boa posição para o dispositivo.

As fendas que se abrem ou se fecham de dentro para fora recaem, para o dispositivo, no mesmo caso. Nenhum dos dois casos afeta o funcionamento do dispositivo, que pode ser facilmente instalado nestas condições devido a mobilidade independente das duas hastes, desde que o máximo ângulo de abertura seja respeitado para ambas.

VII.5.4. Má colocação

A má colocação do dispositivo na rocha pode se dar de diversas maneiras e também pode ter conseqüências desastrosas. Entretanto deve-se contar com a especialização do usuário, um montanhista é, ou deve ser, treinado e capacitado a utilizar o equipamento que utiliza.

O equipamento deve ser capaz, e é, de absorver pequenas variações com relação ao seu posicionamento ideal, mas tem de ser colocado da melhor forma possível pelo usuário para que acidentes desastrosos não venham a ocorrer.

Os pontos que devem ser levados em consideração pelo usuário ao colocar o dispositivo são:

- direção: o plano formado pelas duas hastes inferiores deverá estar voltado para a direção da aplicação da força, que não é exatamente vertical, deve estar um pouco inclinada para fora da fenda;
- superfície do bloco: a superfície do bloco que fica em contato com a rocha deve estar no mesmo plano da fenda, para que haja maior área de contato e o ângulo de inclinação seja atendido;
- pontos de contato: todas as quatro pontas do dispositivo devem estar em contato com a rocha, de tal forma que o mesmo esteja estável em sua posição;
- o sistema cabo de aço / corda deve ter uma boa saída da fenda, de tal forma que não sejam forçados contra arestas cortantes.

Sendo estes pontos atendidos o dispositivo funcionará corretamente.

VII.5.5. Má conservação

A conservação de todo o equipamento de segurança para escalada deve ser sempre muito bem feita, inclusive um registro do histórico de quedas sofridas sob o equipamento deve ser feita, pois as mesmas deixam marcas que não podem ser avaliadas visualmente. É por esta razão que nunca se deve utilizar equipamento encontrado.

Embora não exista necessidade de cuidados de manutenção especial para o dispositivo, exceto as que se aplicam a todos como evitar pancadas e batidas nos mesmos para evitar a formação de trincas, deve-se sempre prestar atenção a esta questão do histórico de quedas do dispositivo, mas isso é de responsabilidade do usuário que deve conhecer os cuidados necessários com seu equipamento.

VII.5.6. Má utilização

Mais uma vez recai-se na responsabilidade e capacitação do usuário, o bom funcionamento do dispositivo depende da utilização correta e bem feita do mesmo, como qualquer peça que constitui o equipamento de segurança para a escalada.

A má utilização do dispositivo pode levar a consequências sérias e a falha do sistema de segurança mas isso pode ser sanado pela boa capacitação e consciência do usuário.

Sendo assim, contando-se com a capacitação e responsabilidade do usuário e incluída a terceira haste, pode-se considerar o dispositivo como estável.

VII.6. Otimização

Dois são os principais alvos da otimização, primeiro o ângulo de inclinação, peça chave para o funcionamento da peça e que pode levar a falha quando pequeno demais ou ao carregamento excessivo e falha quando grande demais. Além disso uma seleção de material para a execução do dispositivo é peça chave para que se obtenha uma minimização do peso, quesito também importante para a competitividade do produto no mercado.

VII.6.1. Otimização do ângulo de inclinação (β)

A exemplo do que foi feito na análise de sensibilidade o efeito do ângulo de inclinação será avaliado sobre os dois diferentes critérios, o máximo ângulo de abertura e a força de compressão nas hastes. A otimização será feita para um caso específico e extrapolada, com um coeficiente de atrito estático igual a 0,6; um coeficiente de atrito dinâmico igual a 0,25; um ângulo de

abertura igual a 30° e força de 11.000 N. A faixa de variação do ângulo de inclinação deverá ser de 5° , um valor considerado como mínimo, pois as folgas e deformações já poderiam trazer o ângulo a 0° (e conseqüente falha) até o valor do máximo ângulo de inclinação (para o ângulo de abertura 0°), que foi avaliado em $19,3^\circ$.

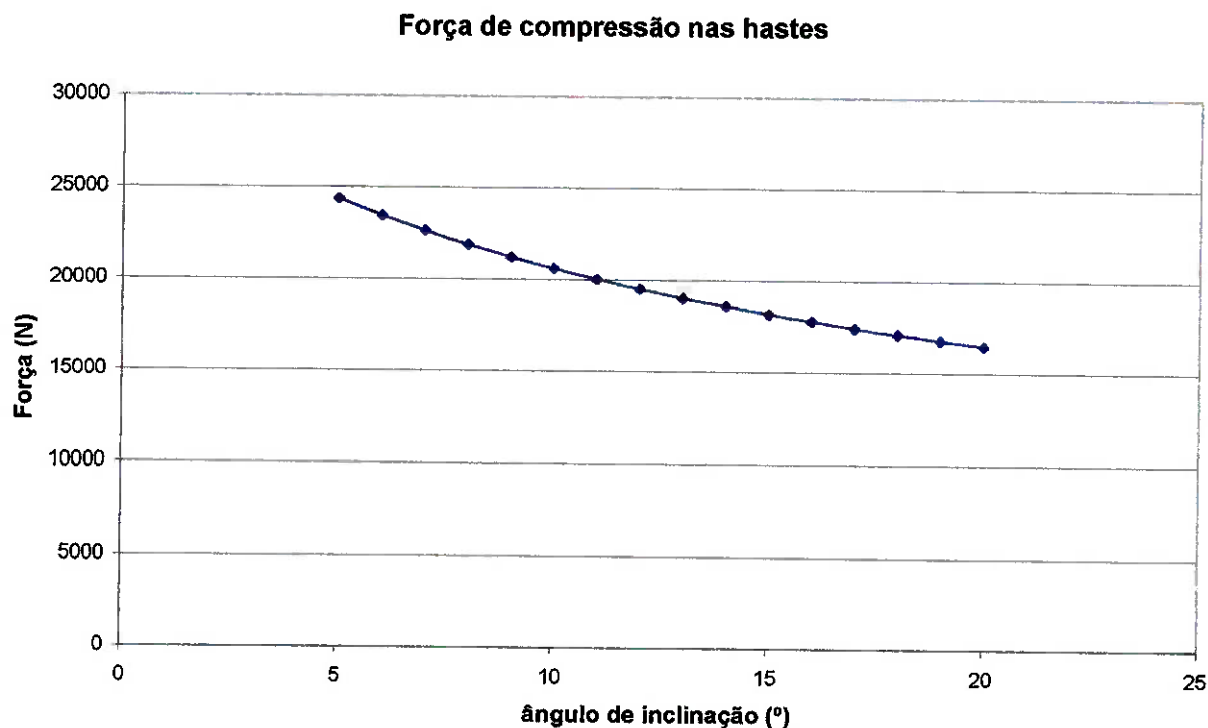


Gráfico VII.18: Força de compressão nas hastes em função do ângulo de inclinação.

- Força Máxima = 11.000 N
- $\alpha = 30^\circ$
- $\tan \gamma = \mu_{\text{din}} = 0,25$
- $\mu_{\text{est}} = 0,6$

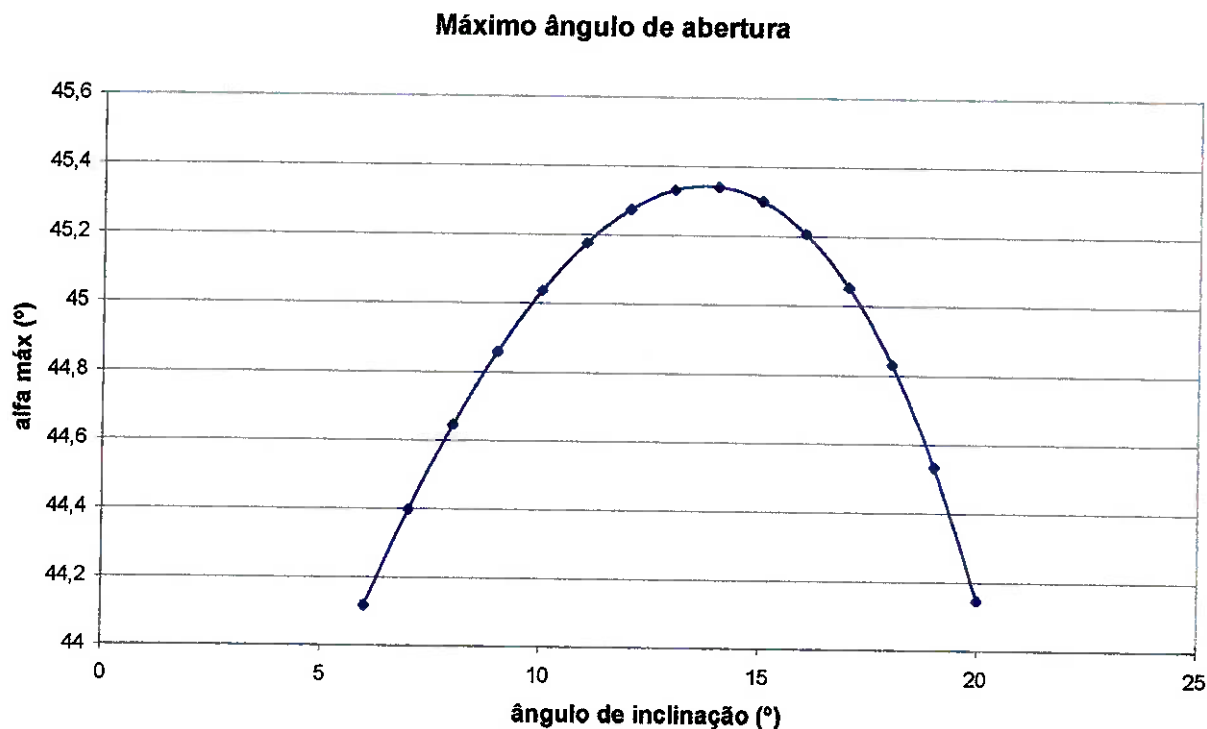


Gráfico VII.19: Máximo ângulo de abertura ($\alpha_{\text{máx}}$) em função do ângulo de inclinação (β).

- Força Máxima = 11.000 N
- $\mu_{\text{est}} = 0,6$
- $\tan \gamma = \mu_{\text{din}} = 0,25$

Dos gráficos pode-se estabelecer um valor para o ângulo de inclinação (β) arbitrário. Como se pode notar a força de compressão nas hastes cai com o aumento da inclinação de forma não tão significativa, mas relevante. Já o máximo ângulo de abertura apresenta um pico em torno dos 14° mas a variação do máximo ângulo de abertura não é muito grande dentro de toda a faixa avaliada.

Deve-se levar em consideração fato de que a faixa de ângulos de inclinação é a faixa de funcionamento e que fora dela o dispositivo falha.

Sendo assim, juntando-se os três critérios, pode-se utilizar o valor de 14° como valor ótimo, uma vez que este é o valor pico para o máximo ângulo de abertura, já é um valor de força de compressão relativamente baixo e ao mesmo tempo é central a faixa de funcionamento do dispositivo, podendo assim absorver as naturais variações de inclinação advindas da colocação do dispositivo na fenda.

Vale lembrar a proximidade deste valor com o de 12° utilizado para a análise de sensibilidade e reforçar a validade daquela análise.

VII.6.2. Seleção do Material

Como processo de otimização do dispositivo a seleção de material, uma vez que o produto trabalha sob condições bastante críticas, é de grande importância.

Para a seleção do material, primeiramente deve-se estabelecer os critérios de otimização:

- mínima massa;
- máxima rigidez;
- máxima resistência a compressão:

. escoamento;

. flambagem.

Para cada um destes critérios de otimização foi levantado um grupo de materiais com melhor desempenho e, depois, sob considerações com relação à forma e fabricação o melhor material foi escolhido.

A seleção do material será feita para a peça mais crítica do dispositivo, a haste. A haste será aqui tratada como uma viga sob compressão, na seguinte configuração.



Figura VII.19: Configuração utilizada para a seleção de material da haste.

VII.6.2.1. Haste leve e resistente - Escoamento

Para selecionar uma haste leve e resistente devemos primeiramente isolar o parâmetro a ser otimizado em função de parâmetros geométricos, funcionais e de material.

$$m = A.l.\rho$$

$$A = \frac{m}{l.\rho}$$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_{esc}}{f.s.}$$

$$F = \frac{\sigma_{esc} \cdot A}{f.s.} = \frac{\sigma_{esc}}{f.s.} \cdot \frac{m}{l \cdot \rho}$$

então:

$$m = \frac{F \cdot (f.s.) \cdot l \cdot \rho}{\sigma_{esc}}$$

Temos então que, para minimizar a massa, maximizar a tensão de escoamento e minimizar a densidade, a escolha do material pode ser feita então através da carta abaixo:

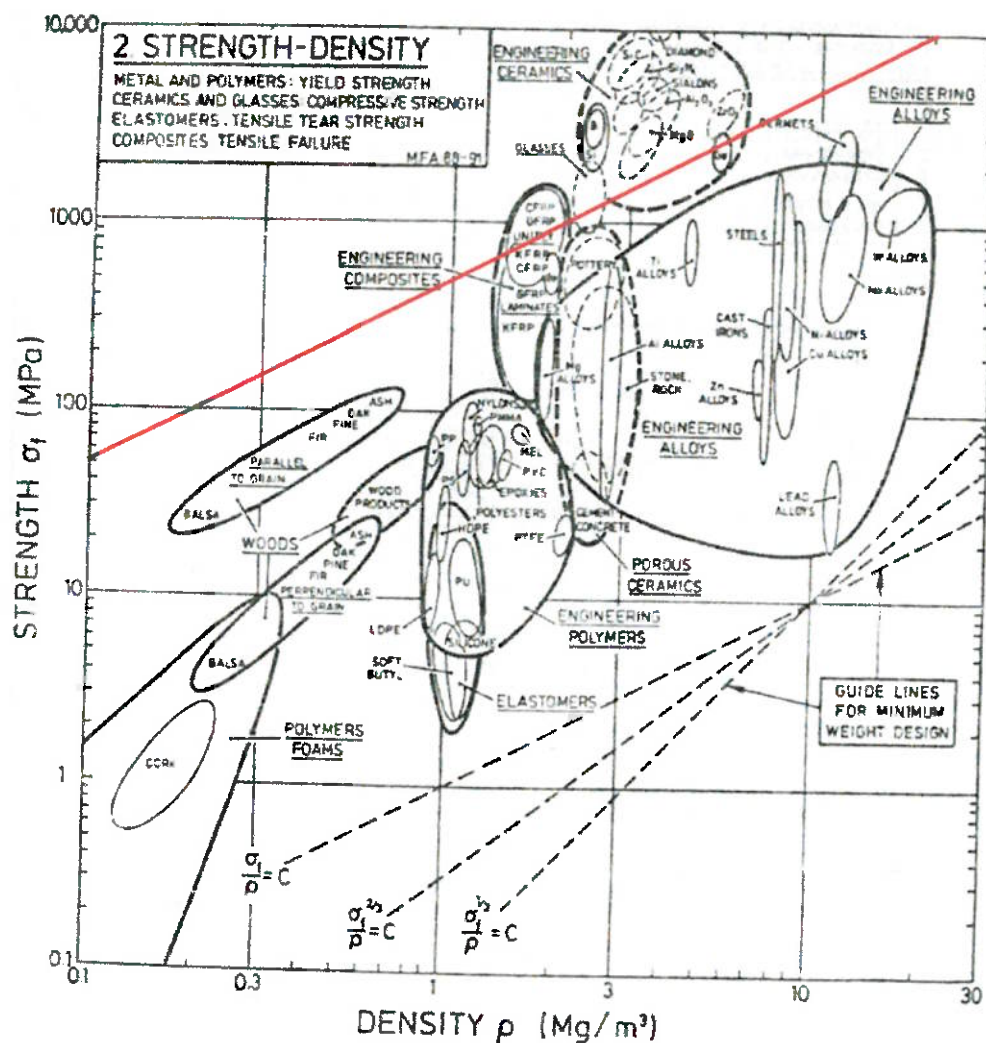


Figura VII.20: Carta de seleção de materiais: Resistência - Densidade [10].

Desta carta é possível fazer a seleção de uma série dos melhores materiais para este critério, a reta mostrada é um lugar geométrico de igual performance (mínima massa), que se deslocada para a parte superior da carta maximiza a rigidez.

Desta forma podem ser escolhidos os materiais ótimos para este critério:

- materiais cerâmicos
- materiais compósitos
- ligas:
 - . de titânio
 - . de alumínio
 - . aços liga
 - . outras
- cermet

Com destaque para os materiais cerâmicos neste critério.

VII.6.2.2. Haste leve e resistente - Flambagem

Seguindo o exemplo do critério anterior primeiramente isola-se o parâmetro a ser otimizado em função de parâmetros desejados.

Para a configuração adotada o comprimento de flambagem é igual ao comprimento da haste, então temos:

$$F_C \leq \frac{F_{crit}}{f.s.}$$
$$F_{crit} = \frac{\pi^2 . E . I}{l_f^2} = \frac{\pi^2 . E . I}{l^2}$$
$$m = A . l . \rho$$

então:

$$F = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(f.s.) \cdot l^2} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I \cdot m}{(f.s.) \cdot l^3 \cdot A \cdot \rho}$$

$$m = \frac{F.l^3.A.\rho}{\pi^2.I.E}$$

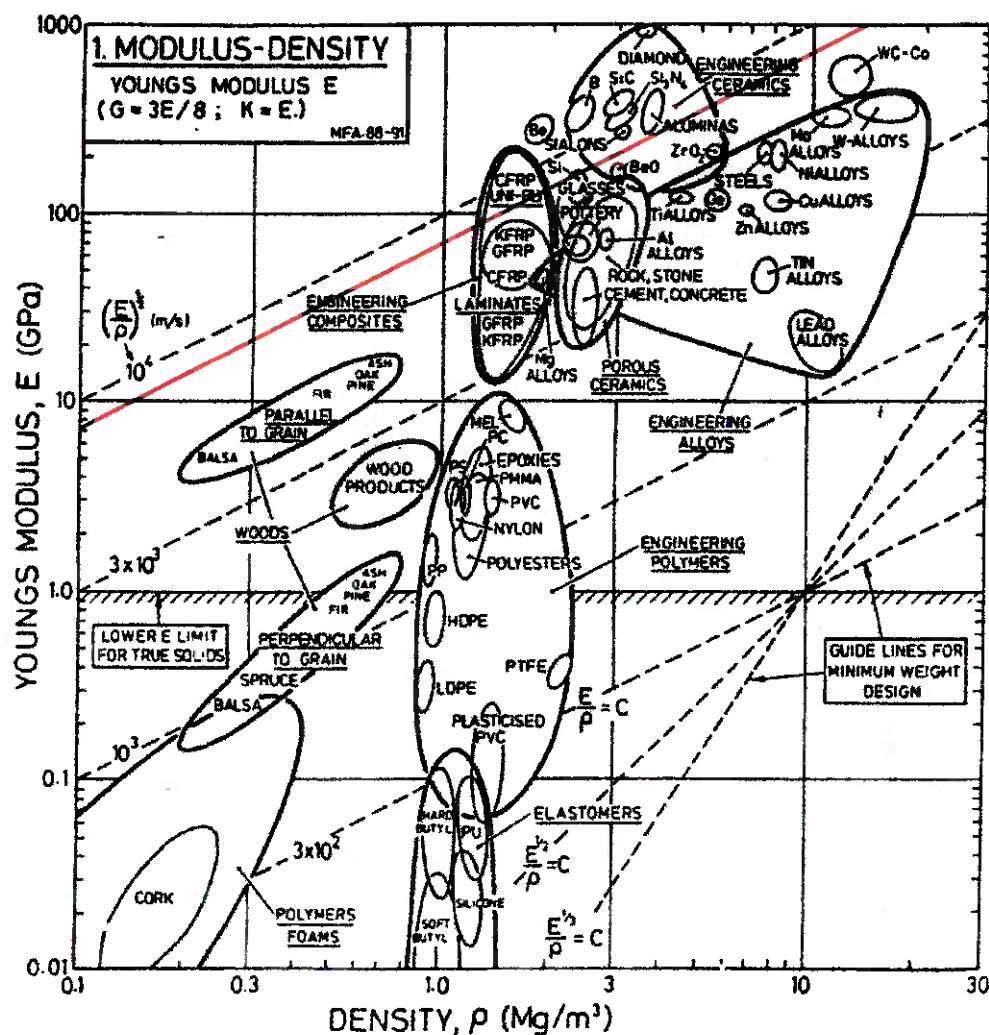


Figura VII.21: Carta de seleção de materiais: Módulo de Elasticidade - Densidade [10].

Através do mesmo procedimento pode-se selecionar os materiais para este critério. Também neste caso os materiais escolhidos como melhores foram:

- materiais cerâmicos
- materiais compósitos
- ligas:

. de titânio

. de alumínio

. aços liga

. outras

- cermet

Também com destaque para os materiais cerâmicos.

VII.6.2.3. Haste rígida e resistente – Fratura

A idéia para este caso é maximizar o módulo de resistência a fratura e a rigidez de tal forma que a energia absorvida no impacto seja maximizada, ou seja, para que a fratura seja dúctil e não frágil.

Novamente isolando-se o parâmetro a ser otimizado em função de parâmetros desejados:

$$K_I = 1,12 \cdot \sigma \cdot \sqrt{\pi \cdot a}$$

para garantir a fratura dúctil é preciso que:

$$K_I = K_{IC}$$

então:

$$K_{IC} = 1,12 \cdot \sigma \cdot \sqrt{\pi \cdot a}$$

$$K_{IC} = 1,12 \cdot \varepsilon \cdot E \cdot \sqrt{\pi \cdot a}$$

$$\varepsilon = \frac{K_{IC}}{1,12 \cdot E \cdot \sqrt{\pi \cdot a}}$$

queremos então maximizar a deflexão antes da fratura, logo deve-se maximizar o módulo de resistência à fratura e minimizar o módulo de elasticidade.

Para tanto, mais uma vez, faremos uso de uma carta de seleção.

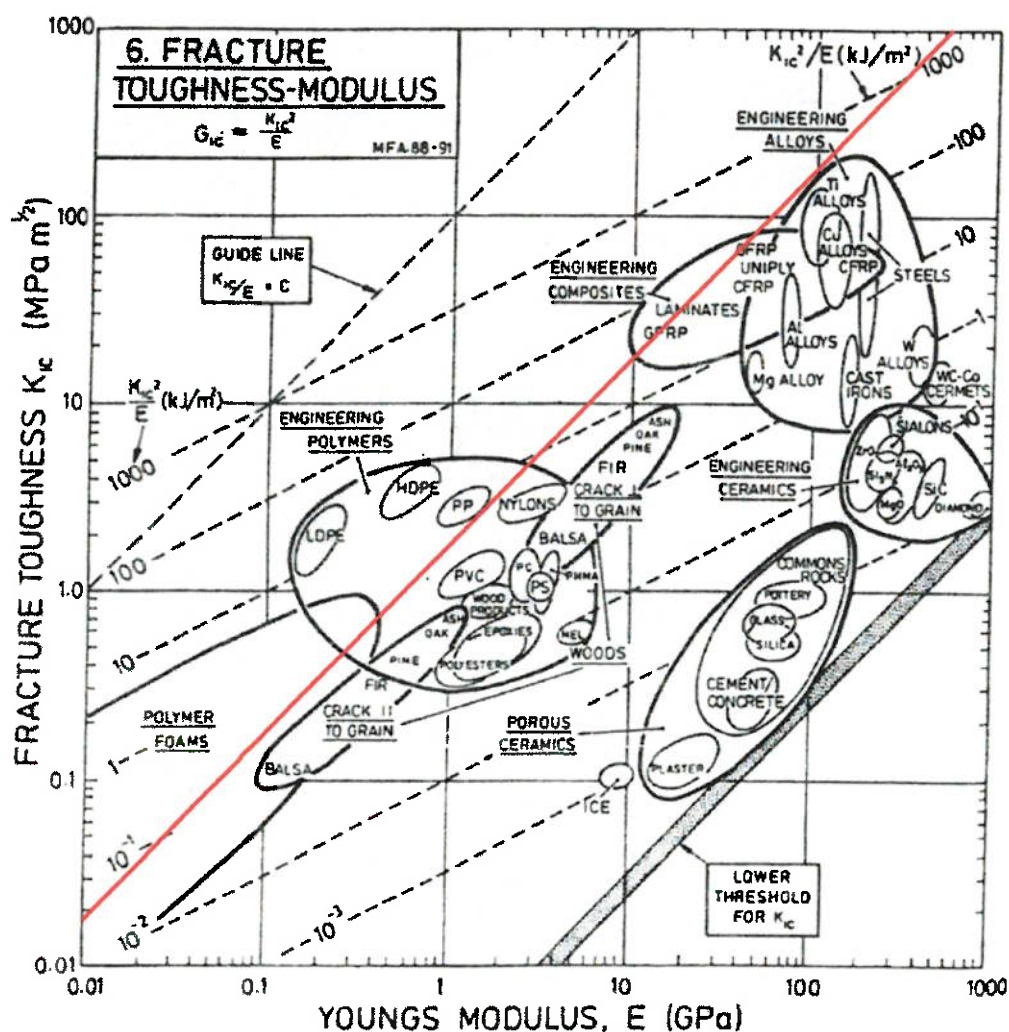


Figura VII.22: Carta de seleção de materiais: Resistência a Fratura - Módulo de Elasticidade[10].

Através do mesmo procedimento pode-se seleccionar os materiais para este critério. Neste caso a seleção de materiais ficou um pouco diferente das anteriores:

- polímeros
- materiais compósitos
- ligas:
 - . de titânio
 - . de alumínio
 - . aços liga

. outras

- madeira

Também com destaque para os polímeros. Vale notar que os materiais cerâmicos apresentaram um péssimo desempenho neste critério por serem muito frágeis.

VII.6.2.3. Haste leve, rígida e resistente

Novamente isolando-se o parâmetro a ser otimizado em função de parâmetros desejados:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_{esc}}{f.s.}$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma_{esc}}{(f.s.)} = \frac{\sigma_{esc}}{f.s.} \cdot \frac{m}{l \cdot \rho}$$

então:

$$m = \frac{F \cdot (f.s.) \cdot l \cdot \rho}{\sigma_{esc}} = \frac{F \cdot (f.s.) \cdot l \cdot \rho}{E \cdot \varepsilon}$$

$$\varepsilon \cdot m = \frac{F \cdot (f.s.) \cdot l \cdot \rho}{E}$$

Assim, para a minimização deste critério deve-se minimizar a densidade e maximizar o módulo de elasticidade. No caso a carta necessária é a mesma para a seleção feita no item VII.6.2.2. Haste leve e resistente - Flambagem, sendo que portanto os melhores materiais para este critério são os mesmos que para aquele.

Tendo estas seleções para todos estes critérios em vista podemos agora selecionar o material para o produto. Como se pôde notar pela análise feita as ligas metálicas, embora não tenham sido o destaque em nenhum dos critérios estiveram sempre entre os materiais selecionados. Os materiais cerâmicos, embora tenham sido destaque em três dos quatro critérios apresentaram uma péssima performance no critério de resistência à fratura, que é um quesito importante para o funcionamento seguro e confiável do dispositivo. Desta maneira opta-se pelas ligas metálicas.

Dentre as ligas metálicas destacaram-se as ligas de titânio, as de alumínio e os aços liga. As ligas de titânio são muito mais caras que as demais e têm performance pouco superior. Entre aço e

ligas de alumínio opta-se aqui pelas ligas de alumínio devido a sua melhor durabilidade quando submetido à intempéries.

VII.6.3. Dimensionamento das Hastes

Uma vez selecionado o material podemos proceder o dimensionamento das hastes do dispositivo. Para tanto, primeiramente devemos levantar a força de compressão nas hastes para um caso considerado crítico. O caso considerado como crítico e utilizado para o dimensionamento possui as seguintes características:

$$F = 11.000 \text{ N}$$

$$\beta = 14^\circ$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$\tan \gamma = 0,2$$

Para estes valores a força de compressão nas hastes F_c é da ordem de 23.300 N, que será o valor de carga a ser utilizado para o dimensionamento.

VII.6.3.1. Escoamento

Para o dimensionamento para escoamento temos:

$$\sigma = \frac{F_c}{A}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_{esc}}{f.s.}$$

$$\frac{F_c \cdot (f.s.)}{\sigma_{esc}} = A_{min}$$

Utilizando-se um fator de segurança de 1,5 e uma tensão de escoamento para o alumínio de 300 MPa [11] podemos calcular a área mínima de seção da haste.

$$A_{min} = 116,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

VII.6.3.2. Flambagem

Para o dimensionamento a flambagem temos que:

$$F_C \leq \frac{F_{crit}}{f.s.}$$

$$F_{crit} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_f^2} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(n \cdot l)^2}$$

como:

$$n = 1$$

$$F_C \cdot (f.s.) = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l^2}$$

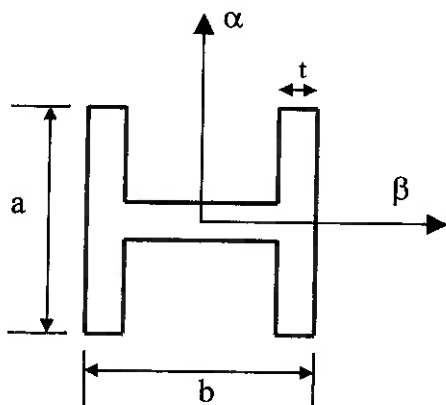
Podemos assim calcular o momento de inércia mínimo da seção:

$$I_{min} = \frac{(f.s.) \cdot F_C \cdot l^2}{\pi^2 \cdot E}$$

Para um valor do módulo de elasticidade de 70 GPa [11] e um comprimento de 150 mm (arbitrário, uma vez que o dispositivo poderá ser feito com hastes de diversos tamanhos podemos calcular o mínimo momento de inércia necessário.

$$I_{min} = 1,138 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3$$

Por questões construtivas escolheu-se a seção do tipo H. O momento de inércia deste tipo de seção pode ser calculada por:



$$I_{\alpha} = \frac{(b-2.t)^3 \cdot t}{12} + 2 \cdot \left[\frac{a \cdot t^3}{12} + \left(b - \frac{t}{2}\right)^2 \cdot b \cdot t \right]$$

$$I_{\beta} = \frac{(b-2.t) \cdot t^3}{12} + 2 \cdot \frac{a^3 \cdot t}{12}$$

Podemos também fixar arbitrariamente $a = b$, podendo então calcular a espessura t . O momento de inércia mínimo deve ser atendido pelos dois eixos.

Para estes valores chegou-se a:

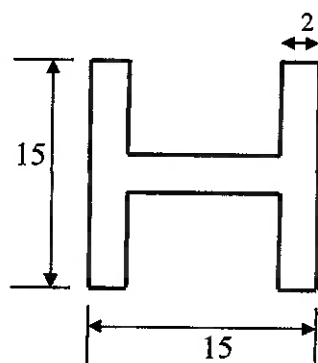
$$a = b = 15 \text{ mm}$$

$$t = 2 \text{ mm}$$

Temos então que:

$$A = 82 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Que é superior a área mínima estipulada pelo critério de escoamento, a seção dimensionada fica então:



VIII. Bibliografia

- 1- Mattar, Fauze Najib. Pesquisa de Marketing - Edição Compacta. São Paulo, Editora Atlas S.A., 1996.
- 2- Belluomini, Adalberto. Pesquisa Mercadológica - cadernos 1 e 2. Apostilas da Fundação Getúlio Vargas.
- 3- Ishibe, Luis Makoto. Palestra sobre Equipamentos para Montanhismo. Palestra realizada no Clube Alpino Paulista em 29/04/98.
- 4- Madureira, Omar Moore. Planejamento e Desenvolvimento de Produtos. Apostila do Curso ministrado na Fundação C. A. Vanzolini, Escola Politécnica da USP, 1996.
- 5- The Mountaineers. Mountaineering - The Freedom of the Hills. Seattle, EUA, 1997, 6ª ed.
- 6- Fyffe, Allen; Peter, Iain. The Handbook of Climbing. 1997, 2ª ed.
- 7- Fang, L.; Kong, X. L.; Su J.Y.; Zhou, Q.D. Movement patterns of abrasive particles in three-body abrasion. Wear 162-164, pg. 782-789, 1993.
- 8- ASM. ASM Handbook v.18 – Tribology.
- 9- Hutchings, I. M. Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials. Edward Arnold, London, 1992.
- 10- Ashby, M. F. Material Selection in Mechanical Design. Pergamon Press, 1992.
- 11- Beer, F.P.; Johnston, E. R. Resistência dos Materiais. McGraw-Hill, 3ªed. 1996.

IX. Anexos

PMC-580 Projeto Mecânico I**Área Projeto e Fabricação**

Coordenador da Disciplina: Prof. Edson Gomes
Prof. Orientador: Omar Moore de Madureira

Nome: Gustavo de Barros
Data: 03/04/98

nºUSP: 839044

Tema: Desenvolvimento de Produtos para Montanhismo

O montanhismo é uma prática esportiva que vem ganhando novos adeptos a cada ano e, como qualquer atividade de entretenimento e lazer, tende a crescer ainda mais num futuro próximo. No Brasil praticamente todo o equipamento necessário à prática desse esporte é importado, principalmente dos EUA e Europa, e os poucos produtos nacionais disponíveis muitas vezes tem uma qualidade inferior à dos importados. Além disso, os produtos importados chegam ao consumidor no país com preços apreciavelmente elevados. Este fato é devido não apenas aos impostos, mas também à pequena concorrência entre os poucos importadores. Vale também ressaltar a pequena variedade de produtos disponíveis no mercado. Fica então identificado um nicho de mercado promissor com carência de produtos de boa qualidade e preços mais acessíveis.

Posto isso, propõe-se neste trabalho identificar o produto que atenda este mercado e que seja o mais economicamente atraente e, posteriormente desenvolvê-lo a nível de projeto básico.

Objetiva-se, portanto, desenvolver um produto para montanhismo que seja viável e economicamente interessante.

Pode-se citar como exemplos de produtos que podem vir a ser analisados: traje térmico com distribuição de calor para as extremidades por circulação natural ou um dispositivo de apoio de segurança móvel para escalada em rocha.



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Engenharia Mecânica

Trabalho de Formatura do aluno Gustavo de Barros

PESQUISA DE MERCADO

Esta pesquisa de mercado visa fornecer fundamentos para o desenvolvimento de um produto para montanhismo a ser realizado como trabalho de formatura do curso de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Os resultados obtidos não serão utilizados para outros fins. As perguntas abaixo se referem a produtos para montanhismo e atividades associadas.

Não é necessário identificar-se

1. Marque no quadro abaixo o número de cada um dos itens listados que você possui na sua casa:

Televisor em cores	0	1	2	3	4	5	6 ou mais
Rádio	0	1	2	3	4	5	6 ou mais
Banheiro	0	1	2	3	4	5	6 ou mais
Automóvel	0	1	2	3	4	5	6 ou mais
Empregada mensalista	0	1	2	3	4	5	6 ou mais

2. Você possui em casa?

Aspirador de pó:	sim	não
Máquina de Lavar Roupas:	sim	não
Videocassete:	sim	não
Geladeira:	sim	não

3. Qual o grau de instrução do chefe da sua família?

- ☐ Analfabeto ou primário incompleto
- ☐ Primário completo (4ª série do 1º grau completa)
- ☐ Ginásio completo (1º grau completo)
- ☐ Colegial completo (2º grau completo)
- ☐ Superior completo

4. Sexo: M ☐ F ☐

5. Idade: _____ anos

6. Estado civil: _____

7. Que modalidades do montanhismo (e atividades associadas) você pratica? (marque quantas quiser)

- | | | |
|--|--|--|
| ☐ escalada em rocha | ☐ escalada em muros artificiais | ☐ escalada alpina |
| ☐ big wall | ☐ escalada em gelo | ☐ escalada mista |
| ☐ alta montanha | ☐ camping | ☐ trekking / caminhadas |
| ☐ canyoning | ☐ espeleologia | ☐ salvamento e resgate |

8. O que você leva em consideração quando compra um produto para montanhismo? (numere segundo a importância, primeiro para o mais importante)

☐ preço	☐ qualidade	☐ marca
☐ estética	☐ utilidade	☐ confiabilidade
☐ durabilidade	☐ garantia	
☐ outros. Quais? _____		

9. Você pesquisa preços antes de comprar produtos para montanhismo?

☐ sim ☐ não

10. Existe algum produto para montanhismo que você gostaria de adquirir e que não encontra nas lojas aqui em São Paulo?

☐ não

☐ sim. Qual(is)? _____

11. Existe algum produto para montanhismo que você possua e que não lhe satisfaz?

☐ não

☐ sim. Qual(is)? _____

Por que? _____

12. Existe algum produto para montanhismo que você possua que lhe satisfaz em especial?

☐ não

☐ sim. Qual(is)? _____

Por que? _____