

LEANDRO GOMES DA SILVA

**Plataforma Automotiva com
Distância Entre-Eixos Variável**

Approved
F. V. O. 2003
Z. D. G.

Trabalho apresentado à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para a graduação
no curso de Engenharia Mecânica.

São Paulo
2000

DEDALUS - Acervo - EPMN

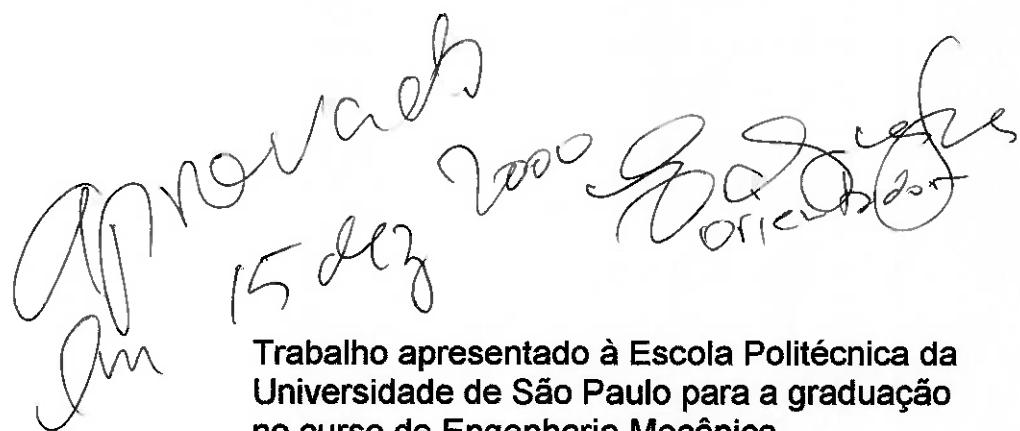


31600005982

LEANDRO GOMES DA SILVA



**Plataforma Automotiva com
Distância Entre-Eixos Variável**



Leandro Gomes da Silva
15 de 2000

Trabalho apresentado à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para a graduação
no curso de Engenharia Mecânica.

Área de Concentração:
Engenharia Mecânica – Projeto e Fabricação

Orientador:
Prof. Edson Gomes

São Paulo
2000

Este trabalho é dedicado a todo aqueles que, como eu, têm na Engenharia Mecânica não só uma atividade ou uma profissão, mas sim uma paixão, um incentivo pessoal a ter como principal objetivo de vida a busca incessante do saber e, assim, estar sempre crescendo como ser humano.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. O QUE É A PLATAFORMA ?	3
3. POSSÍVEIS SOLUÇÕES	9
4. SOLUÇÃO ESCOLHIDA	11
5. LIMITAÇÕES DA SOLUÇÃO	13
6. A IMPORTÂNCIA DO MARKETING EM UM PROJETO DE ENGENHARIA	16
7. PESQUISAS DE MERCADO	17
8. ANÁLISE DO MERCADO	22
9. ESTUDO DE VIABILIDADE FINANCEIRA	29
10. ESTRUTURA DE CUSTOS	35
11. ANÁLISE DO PREÇO FINAL	36
12. MODELAGEM MATEMÁTICA	38
13. ANÁLISE ESTRUTURAL	45
14. DIMENSÕES E DESIGN	56
15. TESTES E VALIDAÇÕES	59
16. CONSIDERAÇÕES FINAIS	61

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Modelos do grupo Volkswagen com plataforma comum</i>	2
<i>Figura 2: Ford Focus</i>	3
<i>Figura 3: Dodge Dakota</i>	4
<i>Figura 4: Chevrolet Corsa</i>	4
<i>Figura 5: Conjunto – Estrutura Dianteira</i>	5
<i>Figura 6: Conjunto – Assoalho Dianteiro</i>	6
<i>Figura 7: Conjunto – Assoalho Traseiro</i>	7
<i>Figura 8: Ford Courier</i>	9
<i>Figura 9: Assoalho com a flange central</i>	12
<i>Figura 10: Fiat Strada Cabine Estendida</i>	14
<i>Figura 11: Plataforma atual da Picape Corsa</i>	15
<i>Figura 12: Gráfico das Faixas de idade</i>	18
<i>Figura 13: Já foi, ou é, proprietário de picape ?</i>	18
<i>Figura 14: Gráfico do Tipo de utilização da picape</i>	19
<i>Figura 15: Gráfico do Tipo de cabine preferido</i>	19
<i>Figura 16: Gráfico dos Atributos de uma picape leve</i>	20
<i>Figura 17: Gráfico da Participação de mercado das montadoras</i>	23
<i>Figura 18: Mix de vendas da Fiat Strada no ano 2000</i>	25
<i>Figura 19: Participação das picapes leves no total do mercado</i>	26
<i>Figura 20: Gráfico das Vendas acumuladas de Janeiro a Julho de 2000</i>	27
<i>Figura 21: Modelo Matemático da carroceria da Picape Corsa</i>	39
<i>Figura 22: Análise de torção – carroceria cabine simples</i>	46
<i>Figura 23: Análise de torção – carroceria cabine estendida</i>	48

<i>Figura 24: Análise de bending – carroceria cabine simples</i>	50
<i>Figura 25: Análise de bending – carroceria cabine estendida</i>	51
<i>Figura 26: Análise de bending traseiro – carroceria cabine simples</i>	53
<i>Figura 27: Análise de bending traseiro – carroceria cabine estendida</i>	53
<i>Figura 28: Design – Picape Corsa Cabine Simples</i>	58
<i>Figura 29: Design – Picape Corsa Cabine Estendida</i>	58

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1: Evolução de vendas das picapes leves no Brasil</i>	23
<i>Tabela 2: Comparativo de características das picapes</i>	57

1. INTRODUÇÃO

Hoje em dia, quando as montadoras se encontram em paridade tecnológica, o que pode definir a vitória ou a derrota no mercado é o preço do produto. E, para que o carro tenha um preço final acessível para o consumidor, é muito importante que as montadoras reduzam seus custos de projeto e fabricação, podendo assim manter sua lucratividade e ainda reduzir o preço final do carro.

No projeto de um automóvel totalmente novo, um custo elevado a se considerar é o de sua plataforma, ou seja, a "base" sobre a qual o carro será construído. Por esse motivo, as montadoras tendem a projetar seus novos modelos baseados em plataformas de modelos anteriores, ou de outros modelos em linha; a Volkswagen, por exemplo, constrói sobre a mesma plataforma modelos estética e conceitualmente diferentes como New Beetle e Golf, além dos Audi TT e A3 e do Seat Toledo, entre outros. Apesar de contribuir, sim, para a redução de custos, a solução encontrada pela Volkswagen e exemplificada nos modelos acima não é de todo eficiente, e mostra sérias falhas.

Um problema desse tipo de solução está justamente nas limitações que a utilização de plataformas iguais em carros diferentes causa. Uma delas é a distância entre eixos, um fator muito importante tanto para o espaço interno como para o comportamento dinâmico do carro. Carros construídos sobre a mesma plataforma, como os modelos da Volkswagen já citados, acabam conservando a mesma distância entre eixos, que pode se mostrar adequada a

alguns modelos que dela se utiliza, mas inadequada a outros, o que pode comprometer a eficiência e mesmo o desempenho comercial de um veículo.

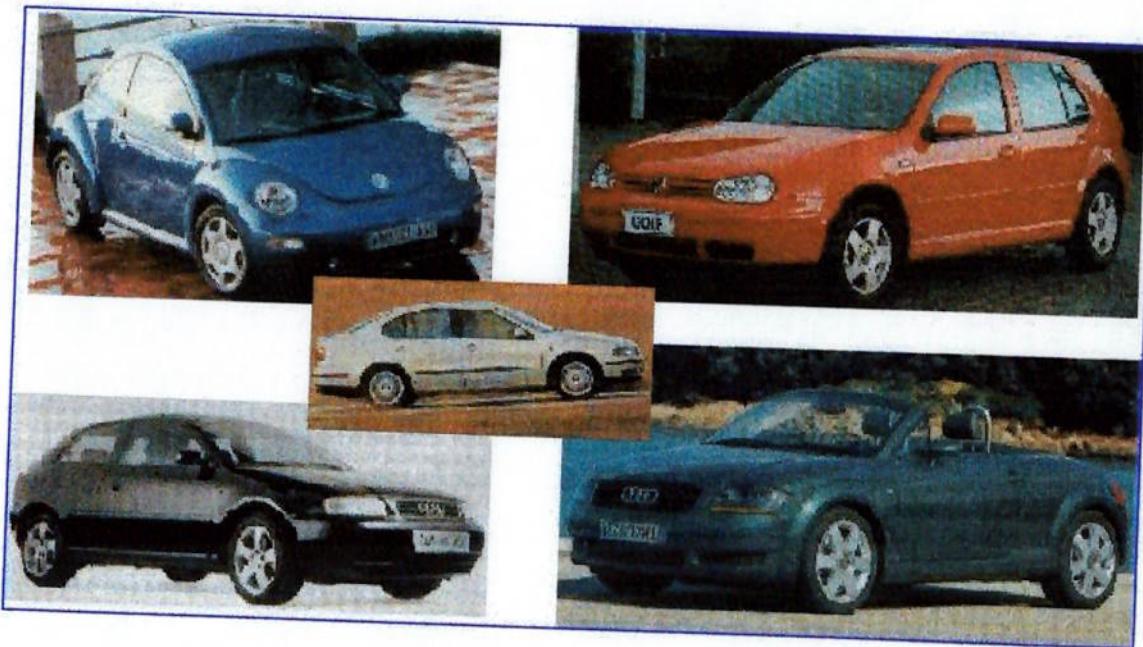


Figura 1: Diversos modelos do grupo Volkswagen construídos sobre a mesma plataforma, apesar de diferentes em conceito e design; a solução visa reduzir custos.

Como já foi planejada para servir aos seus diversos modelos, a plataforma da Volkswagen ficou com a distância entre eixos definida em 2513 mm. Para o Audi TT, um esportivo, e para o New Beetle, um compacto, o valor é satisfatório, mas para o sedã Seat Toledo e os hatchs médios A3 e Golf, a distância é pequena, e acaba limitando o espaço interno dos modelos. Como exemplo, um modelo da mesma categoria, o Ford Focus, tem distância entre eixos de 2615 mm, um importante acréscimo que se reflete no conforto dos passageiros, sobretudo no banco de trás.



Figura 2: Ford Focus - Concorrente de VW Golf e Audi A3, tem distância entre eixos mais longa e, consequentemente, mais espaço interno e conforto.

A solução ideal acaba passando, portanto, por uma plataforma que seja intercambiável entre diferentes modelos, mas permitindo que a distância entre os eixos varie de acordo com o modelo. Desse modo, além da redução de custos de projeto e produção, a solução seria mais eficiente também por permitir que cada modelo preservasse as características mais adequadas à sua proposta.

2. O QUE É A PLATAFORMA

Quando falamos em plataforma, logo vem à cabeça a tradicional imagem do “chassi”, uma base onde toda a parte mecânica do carro é montada, e a carroceria é montada depois, geralmente parafusada. Assim eram construídos os carros antigamente, como o Fusca, por exemplo. Com o tempo, surgiu o conceito monobloco, onde a base e a carroceria do carro são integradas, geralmente soldadas, e formam uma única peça rígida.

Esse tipo de construção monobloco permite ao carro uma maior rigidez torcional e um melhor comportamento dinâmico. O tradicional conceito de chassi sobrevive hoje apenas em picapes e modelos utilitários de grande

porte, devido à maior robustez do sistema, mais indicado a veículos de utilização fora de estrada.

Figura 3: A Dodge Dakota, à direita, é um modelo utilitário de grande porte que ainda utiliza a construção tradicional, com "chassi" separado da carroceria.



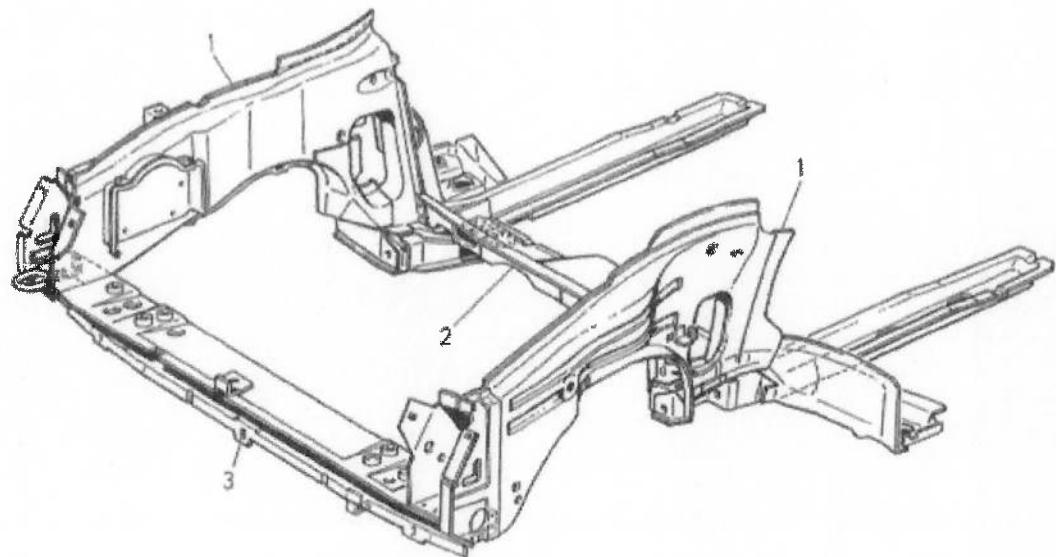
Nesse conceito mais moderno de construção, então, definimos como plataforma o assoalho completo do modelo, que é composto por diversas peças distintas que, unidas, formam a base do carro.

Para melhor exemplificar como é montada essa plataforma, serão utilizadas figuras que representam seus componentes. As ilustrações se referem à plataforma do Chevrolet Corsa.



Figura 4: Chevrolet Corsa, à esquerda, tem plataforma integrada à carroceria, no conceito monobloco, como a grande maioria dos atuais carros de passeio

→ Figura 5: Conjunto - Estrutura Dianteira



1- Conjunto - Barras longitudinais frontais - LE e LD (longarinas)

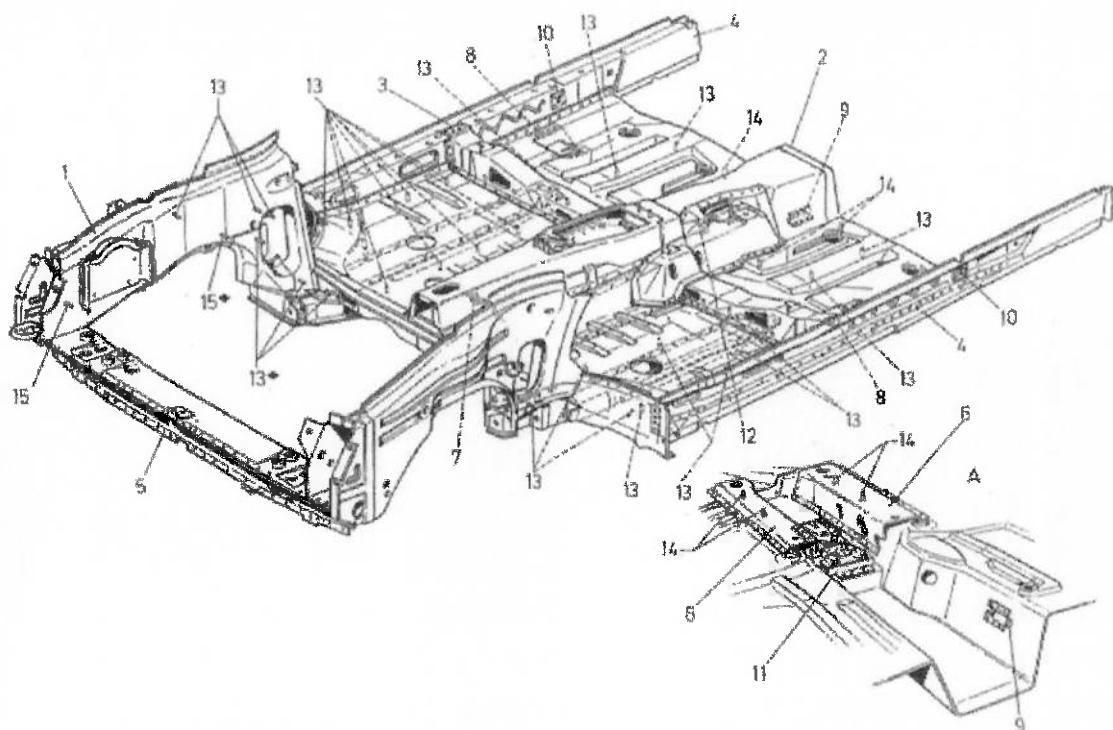
2- Conjunto - Barra transversal do piso - dianteira

3- Conjunto - Barra transversal frontal

Mesmo sem fazer parte do assoalho, a estrutura dianteira – também conhecida como “Framework Front”- faz parte da plataforma do carro, e é um dos seus principais elementos estruturais. Também é uma peça fundamental na distribuição de forças pela estrutura do carro quando de um acidente.

Nos diferentes modelos que dividem uma mesma plataforma, a estrutura dianteira é igual para todos. Ela define, também, a posição da caixa de roda dianteira, cujo centro define o ponto a partir do qual é medida a distância entre os eixos.

→ Figura 6: Conjunto - Assoalho Dianteiro



1- Conjunto - Estrutura dianteira

2- Painel do piso frontal

3- Conjunto – Túnel superior reforçado

4- Painel lateral do piso – LE e LD

5- Bandeja para fechamento da barra transversal frontal

6- Túnel reforçado lateral – LE e LD

7- Cobertura do conjunto barra transversal do piso – dianteira

8- Conjunto – Suporte reforçado do banco dianteiro

9- Suporte para mangueira de pressão

10- Reforço para ancoragem do cinto de segurança

11- Conjunto – Suporte reforçado para a alavanca do câmbio

12- Conjunto – Suporte para a alavanca do freio de estacionamento

13- Pino soldado

14- Pino soldado

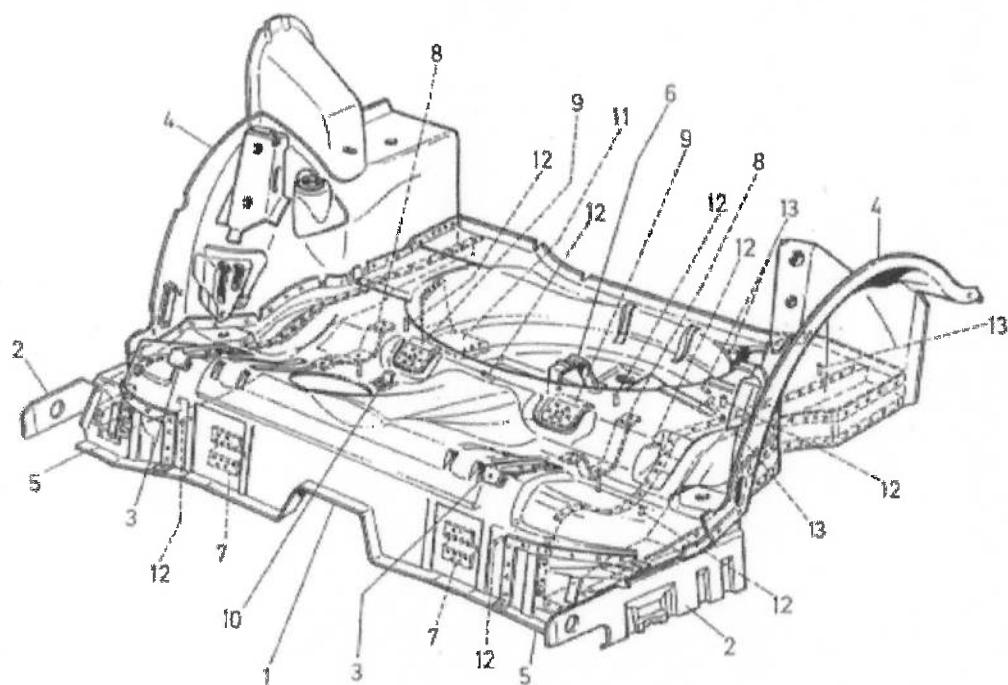
15- Pino soldado

Depois da estrutura dianteira, a montagem de uma plataforma prossegue com o conjunto do assoalho dianteiro. Nesse ponto, modelos diferentes de uma mesma plataforma continuam idênticos.

O conjunto do assoalho dianteiro já define uma série de características do carro, como o posicionamento de itens como alavancas de freios de estacionamento e câmbio, ancoragem de cintos de segurança dianteiros e bancos dianteiros. É nesse conjunto, também, que se encontram os painéis metálicos que formam o piso do carro (o assoalho propriamente dito), o túnel central e o suporte inferior das laterais do carro, que serão soldadas posteriormente.

No assoalho dianteiro, o desenho do painel frontal e dos painéis laterais do piso já definem como será a montagem com o conjunto do assoalho traseiro, que acaba de formar a plataforma.

→ Figura 7: Conjunto - Assoalho Traseiro



- 1- Painel do piso traseiro
- 2- Conjunto – Barras longitudinais LE e LD
- 3- Suportes do banco traseiro
- 4- Conjunto – caixa de roda – LE e LD
- 5- Painel do piso traseiro – LE e LD
- 6- Rebaixo para localização do estepe
- 7- Suporte frontal do cinto de segurança
- 8- Conjunto – Suporte traseiro do cinto de segurança
- 9- Reforço para ancoragem do cinto de segurança – LE e LD
- 10- Ganco para prender o banco traseiro
- 11- Conjunto – Suporte para válvula de proporcionalidade
- 12- Pino soldado
- 13- Pino soldado

O assoalho traseiro completa a plataforma do veículo. Esse conjunto define outras características importantes, como fixações de banco e cintos de segurança traseiros, posicionamento do estepe (na maioria dos casos) e as barras longitudinais, que encaixam nas barras longitudinais dianteiras e formam o conjunto da plataforma.

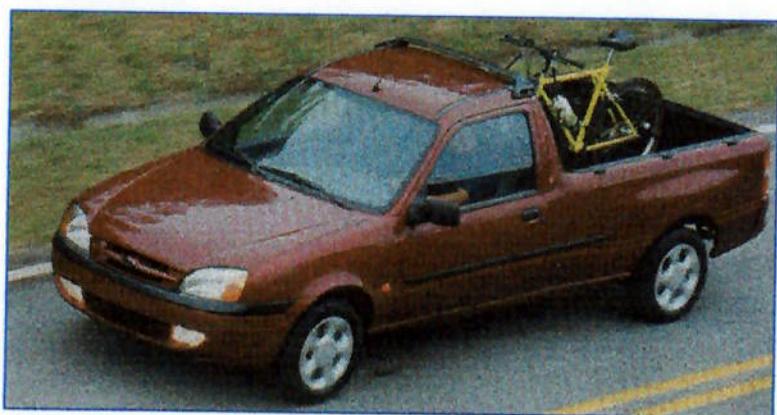
Mas o mais importante do conjunto assoalho traseiro, para o enfoque desse projeto, está no posicionamento das caixas de rodas traseiras. É a distância do centro dessas caixas de rodas até o centro das caixas de rodas dianteiras que definem a distância entre os eixos do veículo. Montado o assoalho traseiro, a distância entre eixos estará definida. Para o projeto, portanto, que visa encontrar a melhor maneira de variar essa dimensão

mantendo o máximo possível da plataforma original, deve-se estudar detalhadamente a plataforma antes e depois desse “fechamento”, e levantar as possíveis forma de realizá-lo de acordo com os requisitos do projeto.

3. POSSÍVEIS SOLUÇÕES

Como, então, fazer com que uma mesma plataforma automotiva tenha diferentes distâncias entre os eixos ? Uma solução aproximada para a questão já existe, e é até relativamente banal: um carro se utiliza de partes da plataforma – ou assoalho - de outro, mas com outras partes específicas. Versões picapes derivadas de modelos de passeio são um bom exemplo: as picapes têm a distância entre eixos geralmente bem maior que a dos modelos hatchback, mas apenas o assoalho dianteiro é igual. O traseiro, totalmente diferente, é exclusivo da picape. Desse modo, há um projeto novo, um desenvolvimento novo e a fabricação de um componente distinto. Tudo isso tem um custo elevado, e, portanto, foge da proposta deste projeto, que é de uma comunicação mais ampla de peças, para reduzir custos de fabricação.

Figura 8: Os Ford Courier (ao lado) e Fiesta compartilham a mesma plataforma, mas a distância entre eixos da picape (2830 mm) é bem maior que a do hatch (2445 mm). Seus assoalhos traseiros, porém, são diferentes.



A solução já existente, portanto, não preenche os requisitos do projeto. Uma outra possibilidade levantada no “Brainstorming” foi a de desenvolver uma plataforma onde a união entre os assoalhos dianteiro e traseiro fosse pantográfica. Para um modelo menor, mais esportivo, o sistema de variação pantográfica da distância entre eixos ficaria totalmente recolhido. Para um modelo intermediário (um hatchback, por exemplo), a plataforma ficaria numa posição intermediária e, num sedã top de linha, seria totalmente esticada, aumentando a distância entre eixos e por conseguinte o espaço interno e o conforto do carro.

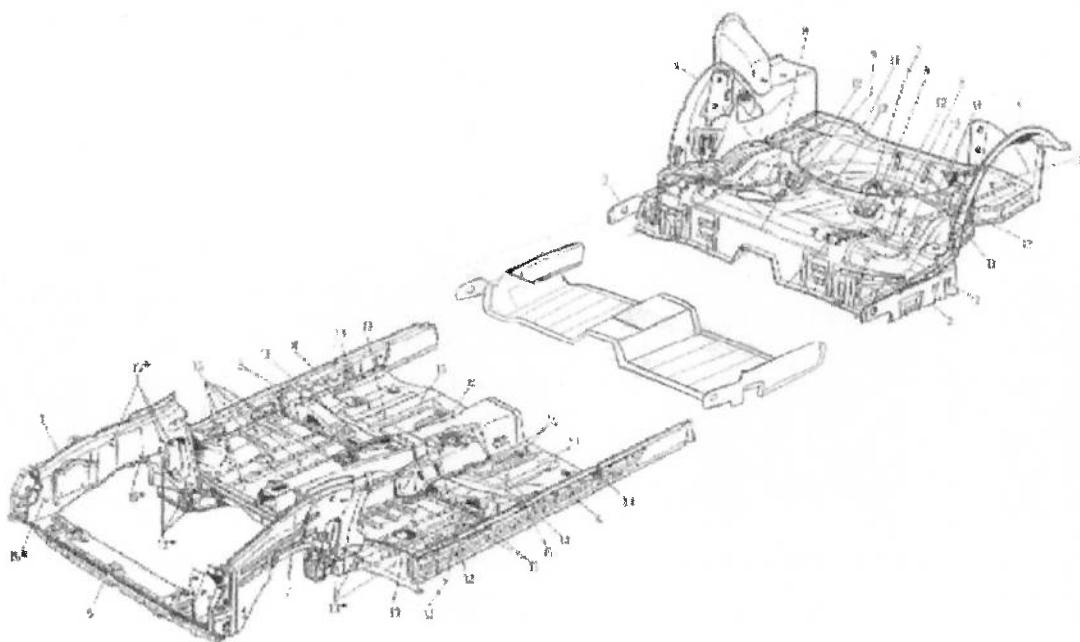
Na teoria, o sistema parece interessante, mas uma análise de engenharia mais profunda, considerando o que já se conhece da indústria automobilística, mostra que a idéia é inviável. Além da complexidade em se conceber uma plataforma assim, com os gastos em projeto, pesquisa e desenvolvimento, não haveria com essa solução a redução de custos de produção esperada: seria bem mais barato e prático projetar plataformas diferentes para os modelos em questão. Na manufatura, mais uma vez, a plataforma pantográfica se mostraria problemática, e sua comunicação nos vários modelos não compensaria a complexidade de produzi-la.

Depois de outras considerações, a solução escolhida para o projeto foi a de uma plataforma perto da tradicional, mas com flanges intermediárias entre os assoalhos dianteiro e traseiro, que fazem variar a distância entre eixos. Continua valendo os conceitos já apresentados de estrutura dianteira, conjunto de assoalho dianteiro e conjunto de assoalho traseiro, com pequenas modificações, mas com um novo elemento: o “assoalho central”.

4. SOLUÇÃO ESCOLHIDA

A solução encontrada para a plataforma tem a versatilidade requerida, e consegue manter os assoalhos básicos para vários modelos diferentes, com entre eixos diferentes, se mostrando também simples e eficiente. Num carro menor, com a menor distância entre os eixos, a união entre os assoalhos dianteiro e traseiro se dá normalmente, como na plataforma utilizada nas ilustrações anteriores. Mantendo os mesmos assoalhos, e mais a flange central, temos uma plataforma com entre eixos maior, proporcionando mais espaço interno a um segundo modelo de carro. E, com uma outra flange mais longa, podemos ter três modelos diferentes, de categorias diferentes, com distâncias entre eixos adequadas às suas respectivas características, e todos compartilhando os mesmos assoalhos. Para utilizar o exemplo já apresentado da Volkswagen, a plataforma original serviria ao Audi TT, um esportivo para apenas duas pessoas, que pode ter um entre eixos mais curto. Com uma flange central, o New Beetle ganharia mais espaço interno, com um custo bastante reduzido de desenvolvimento, pois os assoalhos não mudariam. Da mesma forma, os modelos maiores – Audi A3, VW Golf e Seat Toledo – teriam os mesmos assoalhos, mas com uma flange maior. O entre eixos desses modelos cresceria, e o espaço interno idem, aumentando o conforto dos ocupantes. Tudo a um custo muito baixo, e com quase a mesma simplicidade de produção que a montadora já atingiu hoje. O conceito é representado na figura 9, que se segue.

→ Figura 9: Assoalho com a flange central



Pela ilustração da plataforma, podemos observar como se dá a montagem dos assoalhos: a flange tem, na extremidade dianteira, o mesmo perfil da extremidade dianteira do assoalho traseiro, para uma montagem perfeita com o dianteiro. Na parte traseira da flange, é o contrário: seu perfil é o mesmo da extremidade posterior do assoalho dianteiro. Desse modo, os assoalhos podem ser unidos diretamente, ou através da flange. Uma flange de tamanho maior, variando ainda mais a distância entre os eixos da plataforma, segue o mesmo princípio, apenas tendo uma região central maior

5. LIMITAÇÕES DA SOLUÇÃO

Partindo de um projeto totalmente novo, já prevendo a variação da plataforma através das flanges, ou “assoalhos centrais”, define-se posições de fixação de bancos, cintos de segurança e alavancas de câmbio e freio de estacionamento adequados para todos os modelos previstos. Um ponto importante, nessa plataforma, está ligado à fixação dos trilhos dos bancos dianteiros. Como esse fator limita o curso dos bancos, dependendo da concepção do assoalho dianteiro, a variação da distância entre eixos pela flange pode beneficiar apenas o espaço no banco traseiro. Para uma limusine, a solução é ideal, mas para veículos normais, onde o espaço mais privilegiado é sempre o dianteiro, deve-se fazer algumas considerações.

Para um projeto totalmente novo de assoalhos, mais uma vez, esses fatores podem já ser levados em conta, e os trilhos dos bancos ficam maiores. No modelo menor, o banco dianteiro pode recuar até encostar no traseiro. Num modelo intermediário, com os mesmos assoalhos e o mesmo trilho, o espaço ganho pela flange faz com que o banco dianteiro não recue tanto até o banco traseiro, dividindo melhor o espaço entre os passageiros. Numa versão ainda maior de plataforma, o espaço dianteiro continua tão bom quanto nos modelos menores, mas o espaço traseiro melhora ainda mais.

Não dispendo de um projeto novo para desenvolver essa plataforma, e considerando que sua concepção permite aplicação em assoalhos já existentes, o estudo está sendo realizado sobre a plataforma do Chevrolet Corsa. Outro bom motivo para a utilização dos assoalhos do Corsa é o

suporte da General Motors do Brasil ao projeto, uma vez que o realizador do projeto participa do programa de estágio da montadora.

O problema na utilização dessa plataforma é o ponto já comentado: como já está definida a posição dos trilhos dos bancos dianteiros, qualquer espaço ganho na distância entre eixos se refletiria apenas no espaço interno no banco traseiro. Um ganho importante, sem dúvida, mas que seria melhor aproveitado se pudesse ser dividido também com os passageiros dianteiros.

A melhor idéia de aplicação da plataforma variável na família Corsa foi, então, o desenvolvimento de uma versão de cabine estendida para a picape Corsa. Neste modelo, o curso dos bancos já está adequado, mas não há espaço suficiente para que o banco seja reclinado, e tampouco algum espaço útil atrás dos bancos. Com o desenvolvimento de um assoalho central para o modelo, a distância entre eixos aumenta, e a cabine ganha espaço para que o banco seja reclinado, e também para que se possa levar bagagens em segurança dentro da cabine. Mercadologicamente, um modelo com essas características é muito interessante, haja visto o sucesso comercial que a Fiat tem obtido com um modelo de proposta semelhante, a picape Strada.

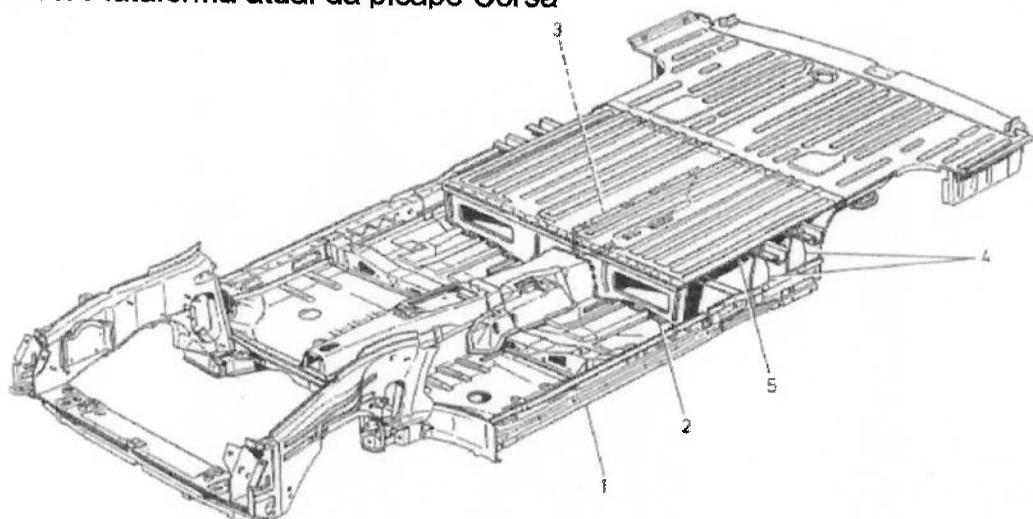


Figura 10: Sucesso de vendas, a Fiat Strada Cabine Estendida (acima, à esquerda) ganha em espaço interno mas perde na caçamba. Com a plataforma variável, a picape Chevrolet Corsa (acima, à direita) ganharia o espaço interno da Strada, mas mantendo a capacidade da cacamba.

A diferença é que a Strada de cabine estendida tem a mesma distância entre eixos da versão normal. O que muda, nesse caso, é a distribuição do espaço: o interior cresce, mas a caçamba diminui. Ou seja, ganha-se por um lado e perde-se pelo outro. Na proposta apresentada para a picape Corsa, ao contrário, a caçamba mantém a mesma capacidade. Com a introdução da flange entre os assoalhos, podemos aumentar sua distância entre eixos, ganhando espaço interno na cabine sem sacrificar o espaço para carga. Nesse caso, o que muda é o comprimento total da picape, que aumenta na mesma medida da distância entre os eixos.

Pouco muda no assoalho já mostrado do Corsa para sua versão picape. Ao contrário do caso comentado dos Ford Fiesta e Courier, a picape Corsa tem a mesma distância entre eixos da versão hatch. A diferença é que a picape tem mais painéis no assoalho traseiro, que vão montados por cima do assoalho normal do Corsa. São painéis planos e reforçados, que servem como a base da caçamba. Para uma flange especial nesse assoalho, aumentando sua distância entre eixos, seria utilizado o mesmo conceito já apresentado.

→ Figura 11: Plataforma atual da picape Corsa



- 1- Conjunto - assoalho
- 2- Suporte dianteiro do painel plano
- 3- Suporte central do painel plano
- 4- Suporte lateral do painel plano
- 5- Painel plano central do assoalho (base da caçamba)

A figura 11 mostra a plataforma atual da picape. A flange entre os assoalhos aumentaria sua distância entre eixos, ganhando um espaço que, na plataforma normal do Corsa, serviria ao banco traseiro. Na picape, é um espaço ganho dentro da cabine.

6. A IMPORTÂNCIA DO MARKETING EM UM PROJETO DE ENGENHARIA

Definida a aplicação da plataforma variável na versão picape do modelo Corsa, passamos a considerar uma série de fatores que sempre são estudados na produção real de um novo veículo.

Sempre tendo como base a experiência adquirida no programa de estágio da General Motors, acompanharemos as várias etapas que levam à decisão da produção de um novo modelo.

A decisão inicial quanto à produção de um novo modelo é sempre do departamento de marketing. Analisando o mercado, estudando o desempenho da concorrência e levando em consideração os objetivos da montadora, é

realizado um estudo mercadológico para verificar a viabilidade do produto em questão.

Para esse trabalho, foi realizada uma versão simplificada desse estudo, mas absolutamente representativa, uma vez que foi baseada em fatos reais. As etapas desse trabalho, e seus resultados, foram os seguintes:

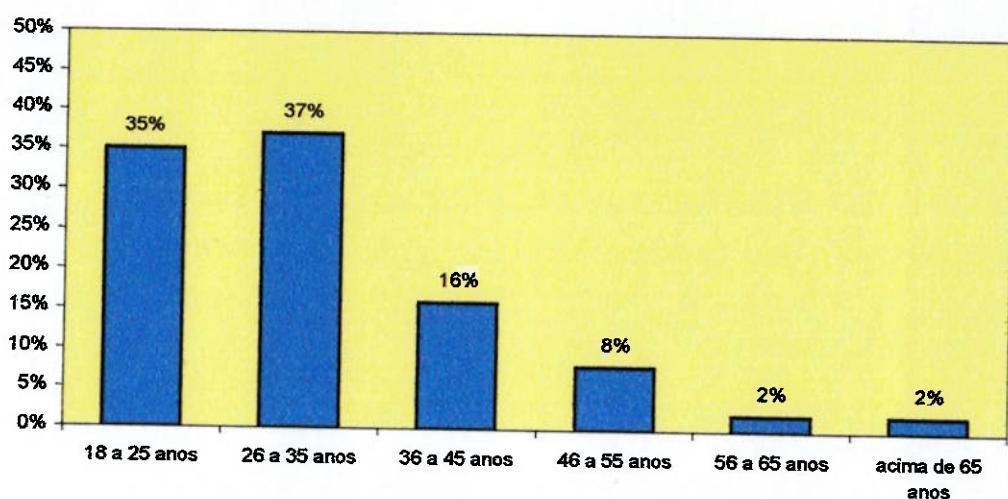
7. PESQUISAS DE MERCADO

Para “sentir” a receptividade do mercado a um novo veículo, antes que haja um protótipo ou um projeto já adiantado, as montadoras realizam pesquisas com uma amostra do público alvo do modelo em estudo. Depois de conhecer os moldes dessas pesquisas da General Motors, foi criado um questionário com o intuito de conhecer melhor o público em potencial de uma versão com cabine estendida da picape Corsa. Desse modo, eram levantadas questões como faixa etária, utilização dada a uma picape leve, atributos considerados importantes em uma picape leve, tipo de cabine preferido (simples ou estendida) e o eventual uso para a extensão da cabine.

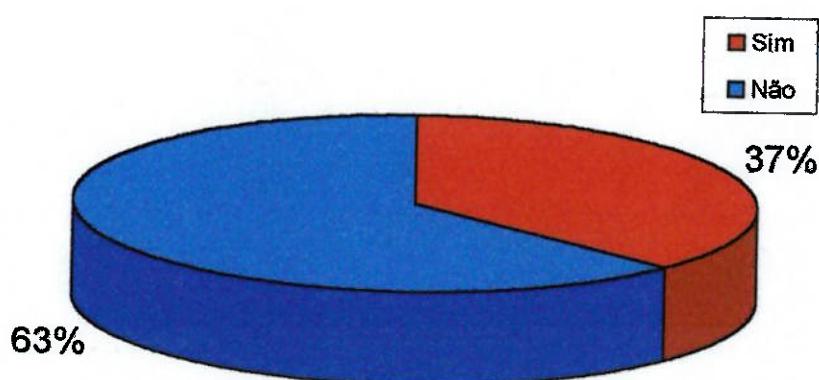
Foram considerados como público alvo do modelo os donos de picapes leves e médias, de cabine simples ou estendida, modelos compactos de motorização de 1000 a 1600 cc, que têm faixa de preço semelhante à das picapes leves, e de modelos médios, mas que precisam também de um veículo para eventual carga. A pesquisa foi respondida por cerca de 110 pessoas que se enquadram nos perfis de mercado considerados como público alvo, e cerca de 20 pessoas fora desse perfil, analisando potenciais compradores fora do público alvo definido. No total, exatamente 128 pessoas

responderam à pesquisa. Essa amostra foi formada, em sua maioria, por funcionários da própria General Motors, estudantes de diversas áreas de engenharia da Escola Politécnica, e estudantes de psicologia da Universidade Mackenzie. Os resultados estão expressos nos gráficos que se seguem:

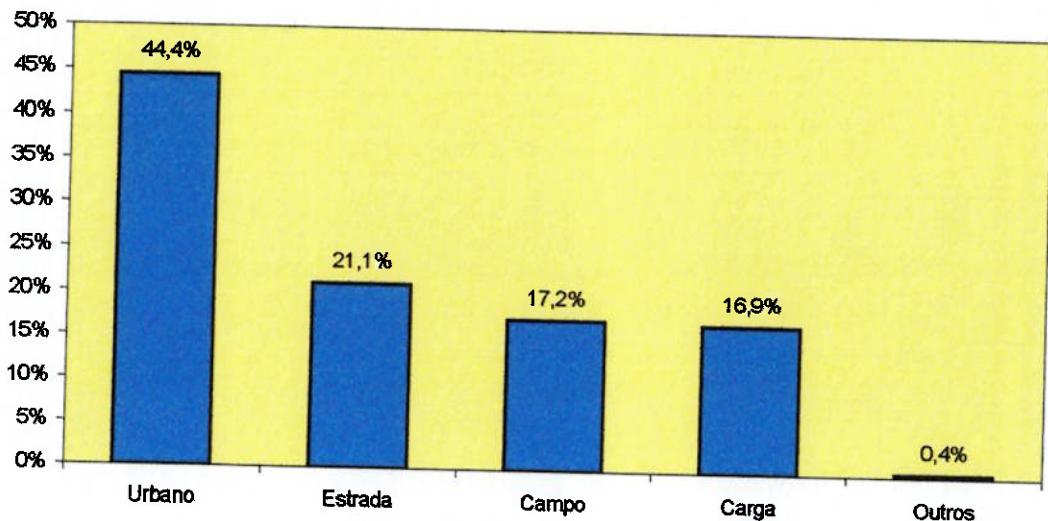
→ Figura 12: Gráfico das Faixas de idade



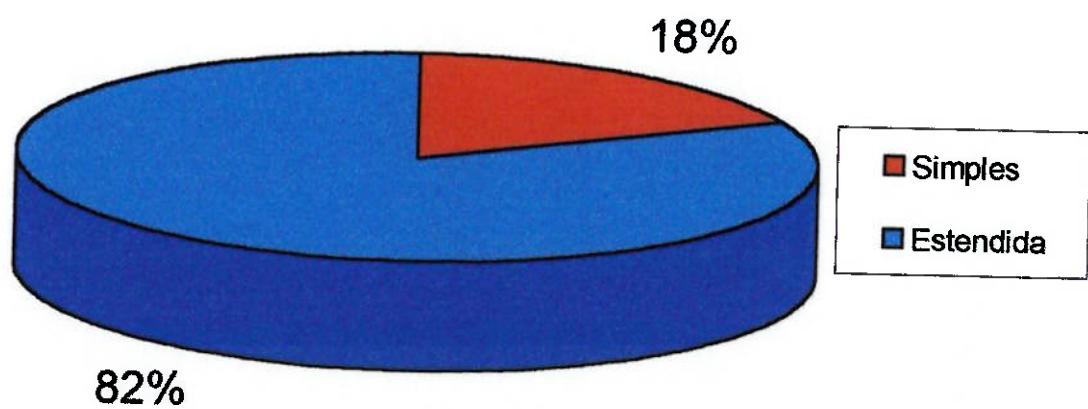
→ Figura 13: Já foi, ou é, proprietário de picape ?



→ Figura 14: Gráfico do Tipo de utilização da picape

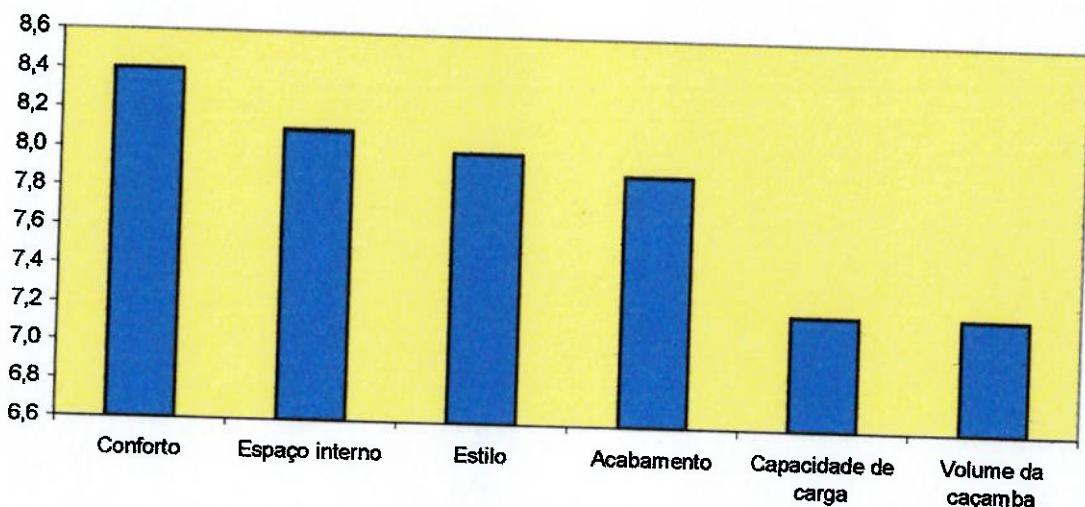


→ Figura 15: Gráfico do Tipo de cabine preferido



→ Figura 16: Gráfico dos Atributos de uma picape leve

– Notas de 0 a 10



→ Conclusões

Podemos chegar a diversas conclusões analisando os resultados da pesquisa, mas relacionamos abaixo algumas das mais importantes:

- O público alvo da picape Corsa de cabine estendida é jovem: 72% dos entrevistados tem idades entre 18 e 35 anos. Esse dado nos mostra que parte importante do público da picape é formado por pessoas ou casais jovens, sem filhos, que têm em uma picape uma opção que une o conforto de um compacto à versatilidade possibilitada pela caçamba, ideal para levar motos, pranchas ou jet-skies. Uma picape que mantenha um bom volume na caçamba, mas ganhe espaço extra na cabine para pequenas

bagagens, vai de encontro com as necessidades dessa parcela do público. E é exatamente essa a proposta apresentada.

- Nos últimos anos, a participação das picapes leves no mercado interno total de veículos de passeio e comerciais leves, varia entre cerca de 5 e 7%. No acumulado das vendas desse ano, elas somam 5,95% do mercado. Considerando que 37% dos entrevistados são ou já foram proprietários de picapes, temos uma amostra bem representativa sob o ponto de vista de quem conhece picapes, e melhor pode opinar sobre a proposta apresentada.
- Entre os entrevistados, 65,5% manifestaram que utilizariam uma picape leve, na maior parte do tempo, na cidade ou em estradas. Comparando à parcela de pessoas que a utilizariam para carga, apenas 16,9%, verificamos que o espaço para carga não é, para a maioria dos consumidores de picape leve, fator prioritário.
- A grande maioria dos entrevistados (82%) mostra preferência pela cabine estendida em oposição à cabine simples: mais uma prova de que o espaço interno é mais valorizado do que o espaço na caçamba.
- Por fim, os atributos mais valorizados pelos entrevistados em uma picape leve são justamente aqueles mais relacionados com a cabine estendida: conforto e espaço interno; capacidade de carga e volume da caçamba são bem menos importantes.

Devemos salientar, porém, que uma pesquisa real de uma montadora como a General Motors envolve um universo muito maior de pesquisados, e colhe opiniões também fora dos grandes centros urbanos. Essa é uma limitação importante da pesquisa realizada: todos os entrevistados residem em áreas estritamente urbanas e, portanto, não foram consideradas as opiniões de moradores do campo, que certamente seriam mais simpáticos às picapes de cabine simples do que os moradores das cidades. Mesmo assim, a pesquisa é válida, pois é mesmo nos grandes centros urbanos que a maioria das picapes leves é vendida. E, além disso, a pesquisa visa avaliar a receptividade do mercado a uma nova versão da picape Corsa, e não a substituição da versão atual. Dessa forma, a proposta prevê que as versões de cabine simples e estendida convivam no mercado.

8. ANÁLISE DO MERCADO

Além de pesquisas com o público alvo, as montadoras também estudam a situação do mercado nos últimos anos antes de tomar a decisão pela produção de um novo carro. Para analisar a viabilidade comercial da proposta apresentada, foram levantados os dados de vendas de picapes leves nos últimos sete anos e meio, desde 1993. A partir desses valores, é possível verificar as tendências desse mercado, e também estudar o impacto do lançamento da Fiat Strada Cabine Estendida, primeira e por enquanto única opção de picape leve com essa opção de configuração. Os dados levantados estão relacionados na Tabela 1:

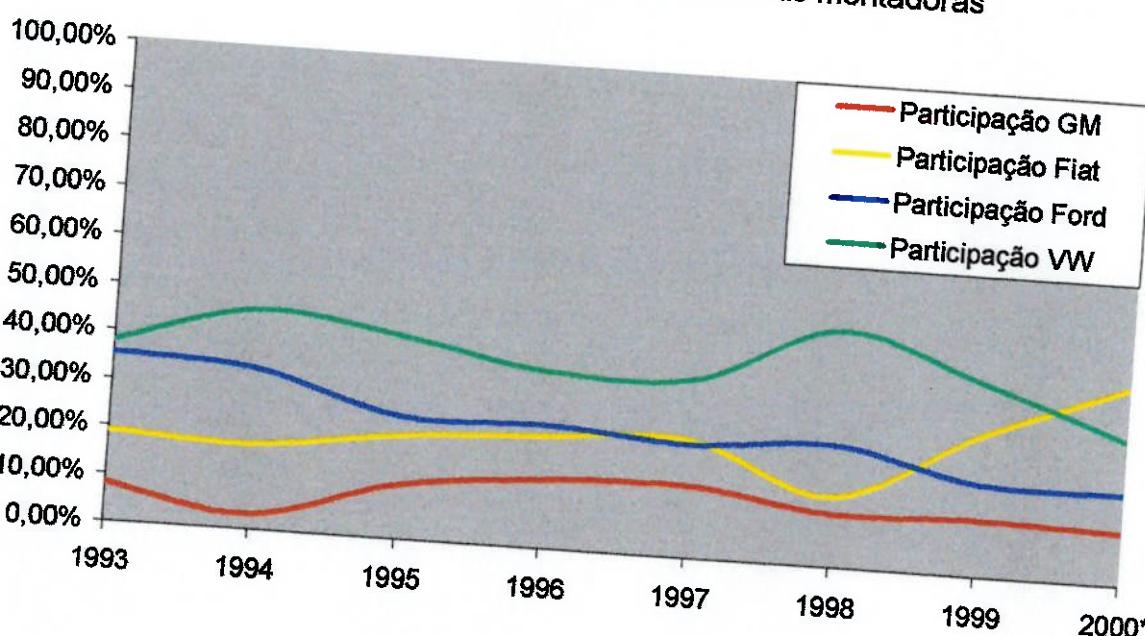
Tabela 1: Evolução de vendas das picapes leves no Brasil

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000*
Chevrolet Chevy 500	5743	1840	305	0	0	0	0	0
Chevrolet Corsa Pick-up	0	0	8312	11436	13093	8324	6311	4295
Fiat Fiorino Pick-up	13593	10661	16596	18845	21334	7821	942	0
Fiat Strada Cab. Simples	0	0	0	0	0	3254	8834	5523
Fiat Strada Cab. Estendida	0	0	0	0	0	0	5927	10723
Fiat Strada (Total)	0	0	0	0	0	3254	14761	16246
Ford Pampa	25303	20030	19586	20574	7632	0	0	0
Ford Courier	0	0	0	0	12800	19100	10267	7486
VW Saveiro	27149	27472	32399	29623	32265	37117	21566	11916
Total Chevrolet	5743	1840	8617	11436	13093	8324	6311	4295
Total Fiat	13593	10661	16596	18845	21334	11075	15703	16246
Total Ford	25303	20030	19586	20574	20432	19100	10267	7486
Total VW	27149	27472	32399	29623	32265	37117	21566	11916
Total Picapes Leves	71788	60003	77198	80478	87124	75616	53847	39943
Total do Mercado	1061467	1216823	1359332	1506783	1640243	1187049	1016251	672821
Participação no mercado interno								
Participação GM	8,00%	3,07%	11,16%	14,21%	15,03%	11,01%	11,72%	10,75%
Participação Fiat	18,93%	17,77%	21,50%	23,42%	24,49%	14,65%	29,16%	40,67%
Participação Ford	35,25%	33,38%	25,37%	25,56%	23,45%	25,26%	19,07%	18,74%
Participação VW	37,82%	45,78%	41,97%	36,81%	37,03%	49,09%	40,05%	29,83%
Participação das picapes	6,76%	4,93%	5,68%	5,34%	5,31%	6,37%	5,30%	5,94%

* Acumulado entre Janeiro e Julho de 2000

Fontes: - Anuário Anfavea 1999 - <http://www.anfavea.com.br>
- Revistas Carro e Quatro Rodas - Jan/1999 a Jul/2000

Figura 17: Gráfico da Participação de mercado das montadoras



A partir dos dados acima, podemos chegar às seguintes conclusões:

- Lançamentos de novos modelos de picapes leves são sempre bem recebidos pelo mercado: podemos observar tal fenômeno no desempenho da GM em 1995 (lançamento da Picape Corsa), VW em 1998 (lançamento da Nova Saveiro) e da Fiat em 1999 (Strada) e 2000 (Strada Cabine Estendida). Um incentivo a mais para o lançamento da Picape Corsa Cabine Estendida, pois a GM não apresenta novidades de peso nesse mercado há cinco anos.
- Depois de 1993, quando a disputa pelo mercado entre Ford e VW era acirrada, o modelo Saveiro da Volkswagen vinha mantendo uma confortável liderança, chegando a dominar quase 50% das vendas em 1998, quando começou a ser vendido o modelo reestilizado. Em meados de 1999, chegou o modelo de cabine estendida da Fiat Strada que, somado ao modelo de cabine simples e à Fiorino, subiu a participação da montadora dos 14,65% de 1998 para 29,16%. Já a VW caiu para 40%. No acumulado do ano 2000, a virada da Fiat: com os dois modelos da Strada, a montadora hoje domina o mercado com 40,67%, contra 29,83% da VW Saveiro, a menor participação no mercado que essa picape registrou nos últimos anos. O motivo que levou a esse desempenho da Fiat é justamente a versão de cabine estendida da sua picape, que, sozinha, responde por 27% do mercado das picape leves no acumulado do ano 2000.

- Repetindo o resultado obtido na pesquisa, verificamos que a grande maioria dos consumidores opta pela cabine estendida, quando tem essa opção: de acordo com o gráfico abaixo, três quartos das vendas da Fiat Strada no ano 2000 foram na versão de cabine mais espaçosa.

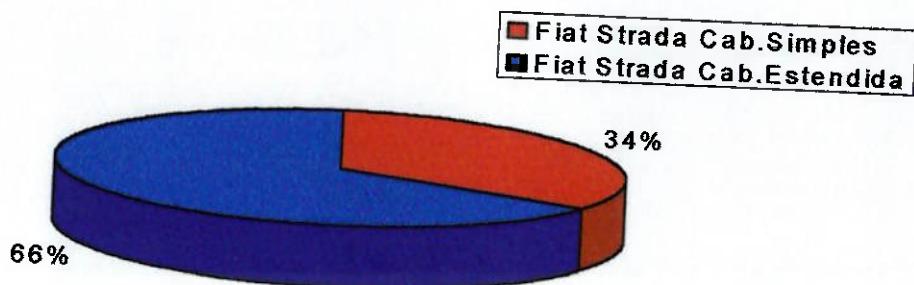
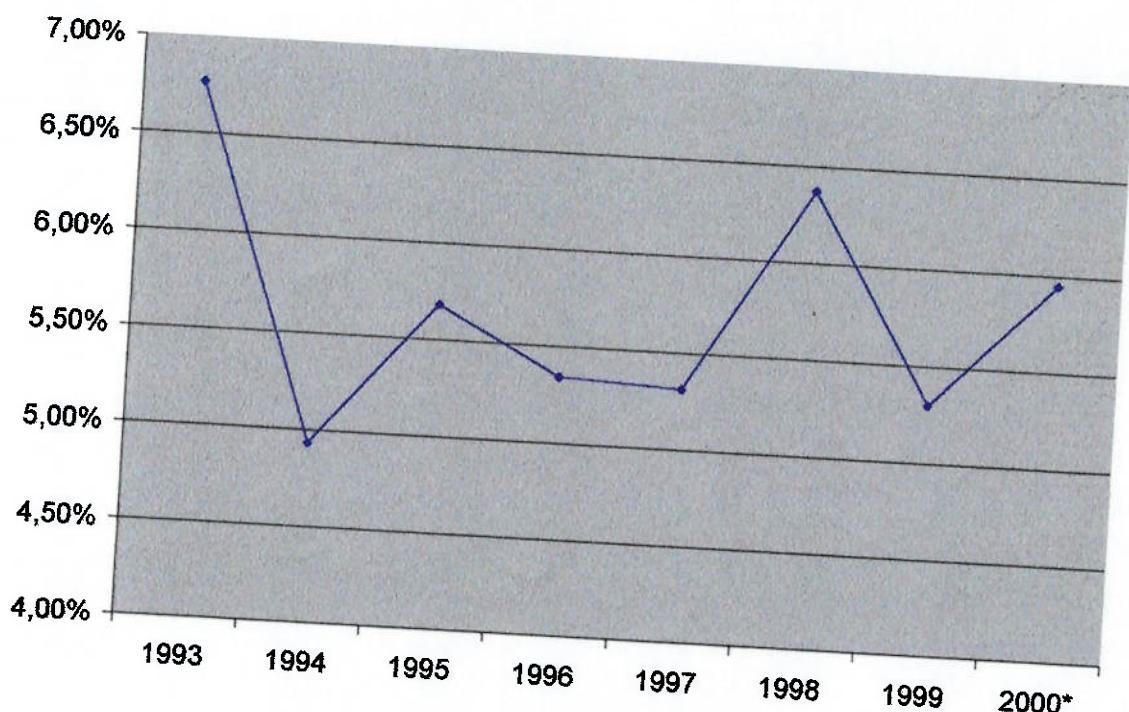


Figura 18: Mix de vendas da Fiat Strada no ano 2000

- O mercado das picapes leves corresponde a uma pequena parcela do mercado total de veículos de passeio e de comerciais leves, sempre oscilando entre 5 e 7%, de acordo com o gráfico que se segue, onde verificamos que a participação das picapes leves no mercado tende a aumentar sempre que há um lançamento de peso nessa categoria. Em 1995, com o lançamento da Picape Corsa, a participação das picapes leves foi de 5,68%, contra 4,93% de 1994 – um acréscimo de 15%. O mesmo fenômeno pode ser verificado em 1998, quando começaram a ser vendidas a Courier e a Nova Saveiro (lançadas no final de 1997), e a

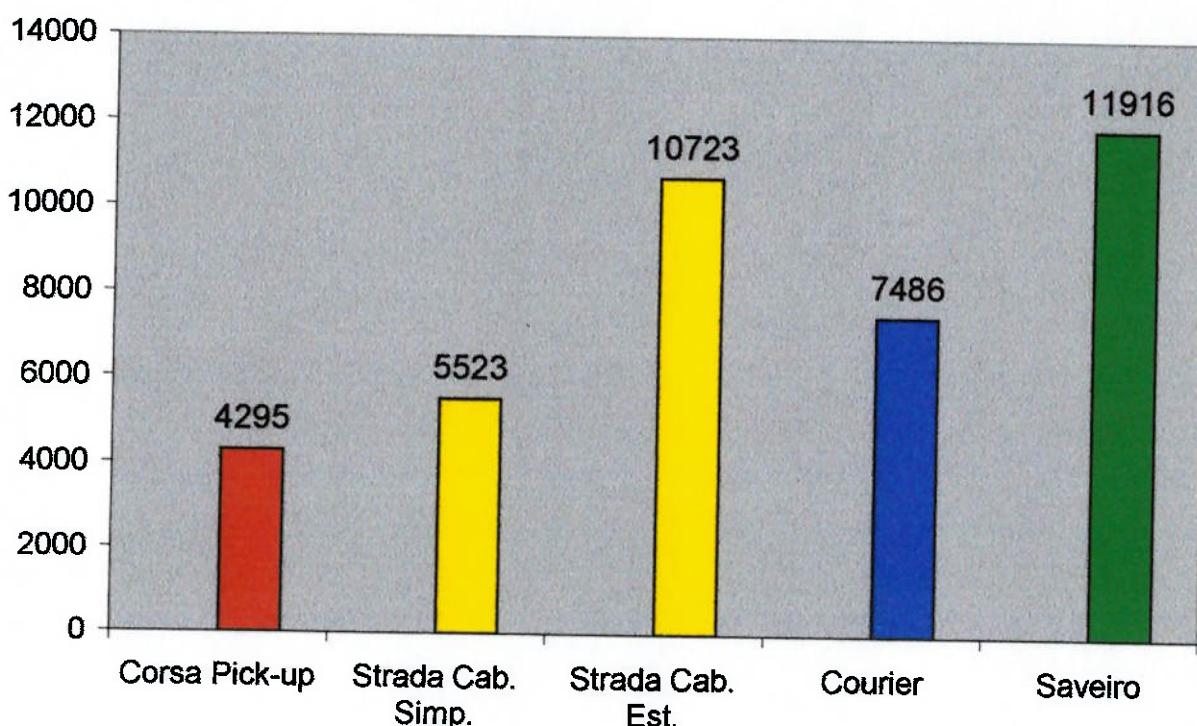
participação das picapes leves no mercado foi de 6,37%, 20% a mais do que no ano anterior. E, mais uma vez, o lançamento da Strada Cabine Estendida refletiu positivamente no mercado no acumulado do ano 2000, quando a participação das picapes foi de 5,94%, contra 5,3% de 1999. Isso mostra que esses lançamentos não roubam mercado apenas dos concorrentes diretos, mas também de carros de outras categorias. Justamente o caso das versões de cabine estendida das picapes, pois elas atraem os compradores de carros pequenos que não estão interessados no banco traseiro, mas fazem questão do espaço para bagagem dentro da cabine.

Figura 19: Participação das picapes leves no total do mercado



- Para confirmarmos definitivamente que o mercado valoriza mais uma picape leve com mais espaço na cabine do que uma com muito espaço na caçamba, basta verificarmos o desempenho da Ford Courier nas vendas. Com uma caçamba significativamente maior do que todas as rivais, ela representa, atualmente, apenas 16,74% das vendas na categoria. Entre as versões de cabine simples, ela é a segunda mais vendida, atrás apenas da Saveiro, o que mostra que existe mercado para modelos que privilegiam a caçamba, mas este é menor do que aquele que prioriza o espaço interno na cabine. No acumulado do ano 2000, esses são os números de vendas das picapes leves no mercado interno:

Figura 19: Gráfico das Vendas acumuladas de Janeiro a Julho de 2000



→ Conclusões

Tanto os resultados da pesquisa como a análise das vendas de picapes leves no mercado interno levam às mesmas conclusões:

- O lançamento de uma Picape Corsa Cabine Estendida viria de encontro às necessidades dos consumidores, pois teria mais espaço interno atrás dos bancos para bagagens, ou para a reclinação total dos bancos. No caso da proposta apresentada, teria uma vantagem a mais: por ficar mais longa do que a versão tradicional de cabine simples, a nova versão ganharia o espaço interno a mais sem perder volume na caçamba, que permaneceria a mesma.
- Como ainda não há concorrentes no mercado para a Fiat Strada Cabine Estendida, o consumidor atualmente não tem opção. O virtual lançamento da Picape Corsa Cabine Estendida traria mais uma alternativa ao consumidor. O sucesso comercial dessa nova versão seria praticamente certo – o modelo similar da Fiat elevou a participação da montadora nesse mercado dos 14,65% em 1998 para 40,67% em 2000. Uma versão cabine estendida da Picape Corsa certamente aumentaria a participação da GM nesse mercado, que hoje é de apenas 10,75%, a mais baixa entre as concorrentes.
- Nos primeiros sete meses do ano 2000, foram vendidas quase 40000 unidades de todas as picapes leves no mercado. Analisando a evolução

das vendas, e a tendência de crescimento das vendas para os próximos anos, podemos estimar um mercado anual médio de 80000 unidades. Prevendo que a GM obtenha, com o lançamento da Picape Corsa Cabine Estendida, uma fatia de 25% desse mercado, teria vendas da ordem de 20000 unidades por ano. Considerando que a versão de cabine estendida seja responsável por cerca de 70% das vendas da picape Chevrolet, o novo modelo alcançaria um total anual da ordem de 14000 unidades. É em cima deste volume de vendas que será realizado o estudo de viabilidade financeira da nova versão da Picape Corsa.

6. ESTUDO DE VIABILIDADE FINANCEIRA

Todo projeto de engenharia deve ser rentável financeiramente para que seja viável. Se o produto em estudo não representar o retorno esperado, o projeto não é executado. Desse modo, vários fatores devem ser considerados em um estudo de viabilidade econômica, entre os quais os mais importantes são:

- Investimento em ferramental;
- Investimento em maquinário;
- Impacto no lay out da fábrica;
- Volume de vendas do produto;
- Preço final ao consumidor;

- Fator de amortização do investimento;
- Tempo de amortização do investimento;

→ Investimento Total

São três os principais componentes do investimento total para a produção do modelo em estudo, a Picape Corsa Cabine Estendida. Com base em outros projetos executados pela General Motors, podemos estimar os valores para cada componente do investimento:

- Ferramental: Para a produção da nova versão da picape leve, são necessárias novas matrizes de estampos, como as dos novos painéis laterais (direito e esquerdo), da flange do assoalho, do novo teto mais longo e das novas peças de acabamento interno. Esse montante é estimado em cerca de US\$ 50.000.000,00 (cinquenta milhões de dólares). Todas essas peças, de alta precisão e confecção complexa, são compradas pela General Motors de empresas especializadas, e por isso não há como determinar com exatidão sua composição de custos, mas com base em projetos anteriores já executados pela montadora, o valor estimado é muito próximo do real. O tempo de amortização de investimento em ferramental com o qual a GM trabalha é de dois anos, ou vinte e quatro meses.

- **Maquinário:** Além das ferramentas para a produção das novas peças do carro, são necessárias também máquinas que possibilitem sua montagem. Dispositivos para a solda da carroceria e para a pintura, por exemplo, são construídos com a verba destinada ao maquinário. O valor estimado é de US\$ 20.000.000,00 (vinte milhões de dólares), e o tempo de amortização utilizado pela GM para investimento em maquinário é de três anos, ou trinta e seis meses. Tais equipamentos são produzidos por empresas especializadas, mas projetadas pela engenharia de processos da General Motors. O custo se refere somente à compra das máquinas, enquanto o custo de projeto e engenharia é incorporado ao investimento em lay out.

- **Lay out:** É o gasto necessário para adaptar o espaço físico da fábrica ao novo produto. Quando um novo produto é lançado, são necessárias mudanças na linha de produção, e o custo total estimado deste impacto no lay out da fábrica é de US\$ 14.402.698,00 (quatorze milhões, quatrocentos e dois mil e seiscentos e noventa e oito dólares). O tempo de amortização praticado pela GM para este investimento é de cinco anos, ou sessenta meses. O custo do investimento em engenharia de processos também é incorporado nesse valor. Como tais mudanças de lay out e todo o projeto é realizado dentro da própria GM, é possível estabelecer uma composição do valor do investimento acima citado:

- Composição de investimentos em lay out:

Projeto das novas peças estadas – Horas de engenharia

Painéis laterais (esquerdo e direito) -	49400 h
Flange do assoalho -	8400 h
Painel interno do teto -	5000 h
Painel externo do teto -	12000 h
Painel lateral inferior -	8400 h
TOTAL -	83200 h
Design (11%) -	9152 h
 TOTAL DE HORAS -	 92352 h
INVESTIMENTO -	US\$ 4.017.312

Mudanças físicas na linha de montagem

Retrabalho e reorganização da linha;
 Considerando a mesma linha da picape atual;
 Adaptação da linha para receber um novo modelo em paralelo
 com os modelos já produzidos.

INVESTIMENTO - **US\$ 8.000.000**

Cabine de Pintura

Retrabalho do maquinário;
Reprogramação das máquinas automáticas;
Adaptação da cabine de pintura para os novos dispositivos de pintura.

INVESTIMENTO - US\$ 600.000

Trabalho de checagem das novas peças – Horas de engenharia

Painéis laterais (esquerdo e direito) -	3500 h
Flange do assoalho -	700 h
Painel interno do teto -	500 h
Painel externo do teto -	1000 h
Painel lateral inferior -	500 h
Painel lateral completo (montado) -	2100 h

TOTAL DE HORAS - 8300 h

INVESTIMENTO - US\$ 361.050

Manuseio das novas peças

Racks e dispositivos de manuseio especiais

INVESTIMENTO - **US\$ 115.000**

Composição do investimento

Peças estampadas	US\$ 4.017.312
Mudanças na linha de montagem	US\$ 8.000.000
Cabine de pintura	US\$ 600.000
Checagem das novas peças	US\$ 361.050
Manuseio das novas peças	US\$ 115.000
SUBTOTAL	US\$ 13.093.362
Mudanças de engenharia (5%)	US\$ 654.668
Impostos (IPI – 5%)	US\$ 654.668
INVESTIMENTO TOTAL	US\$ 14.402.698

→ Fator de amortização do investimento

A General Motors trabalha com um fator de amortização de 25% para seus investimentos. Com este fator, e com os valores acima de investimento e de tempo de amortização, podemos calcular a amortização necessária por carro para que o investimento tenha o retorno esperado. Como o tempo de amortização é diferenciado para cada componente do investimento total, deve

ser calculado o custo de amortização por carro separadamente para cada uma dessas componentes.

- Ferramental

Investimento: US\$ 50.000.000,00

Amortização: 3 anos

Produção: 14000 unidades/ano

Taxa: 25%

Amortização por carro: **US\$ 1.648,355**

- Maquinário

Investimento: US\$ 20.000.000,00

Amortização: 4 anos

Produção: 14000 unidades/ano

Taxa: 25%

Amortização por carro: **US\$ 544,984**

- Lay out

Investimento: US\$ 14.402.698,00

Amortização: 5 anos

Produção: 14000 unidades/ano

Taxa: 25%

Amortização por carro: **US\$ 344,642**

Total de amortização por carro: US\$ 2.537,981

10. ESTRUTURA DE CUSTOS

Para o cálculo do custo de produção de um veículo, são quatro os principais fatores:

- Mão de obra direta: é o custo, efetivamente, da mão de obra direta empregada da produção do carro, na linha de montagem. Não estão considerados os custos de projeto e desenvolvimento do veículo.
- Matéria prima: relaciona os custos com materiais e peças ou sistemas que a montadora compra para a produção do carro.

- “Burden”: é o custo das fases de projeto e desenvolvimento do veículo, e também de todas as áreas que assessoram a produção, como os custos de marketing, propaganda, finanças, jurídico, instalações, etc. É uma das componentes de maior peso no custo final do veículo.
- Amortização: é o custo relacionado ao retorno do investimento empregado para a produção do carro, como já calculado anteriormente.

Para o caso em estudo, e de acordo com a experiência da General Motors em projetos anteriores de porte e impacto no mercado semelhantes a este, a estimativa dos custos envolvidos na produção de um modelo de picape cabine estendida são:

Mão de obra direta:	US\$ 100,00
Matéria Prima:	US\$ 900,00
Burden:	US\$ 1.500,00
Amortização:	US\$ 2.537,981

Custo final total do carro: US\$ 5.037,981

Considerando impostos, margens de lucro da fábrica e do revendedor e alguns outros fatores, o preço para o consumidor final pode ser considerado como cerca do dobro do custo total do carro. Para um custo de US\$ 5.037,981, como o do caso apresentado, o preço final para o consumidor chega a cerca de US\$ 10.070,00. Para uma relação da ordem de US\$ 1,00 igual a R\$ 1,95, cotação praticada em Dezembro de 2000, temos que o preço final da Picape Corsa Cabine Estendida fica em cerca de R\$ 19.600,00. Neste caso, pesa sobre o peso do carro a recente alta do dólar; se considerarmos que a cotação média da moeda norte americana no ano 2000 girou em torno de R\$ 1,85, o preço cairia para cerca de R\$ 18.600,00, ainda mais competitivo no mercado, de acordo com a análise que se segue:

11. ANÁLISE DO PREÇO FINAL

Sempre que é definido o preço final de um veículo para o consumidor, devemos levar em consideração os preços praticados pela concorrência. Temos, assim, os preços que se seguem, praticados em novembro de 2000:

Picapes leves de cabine simples

- Chevrolet Corsa Pick-up STD: R\$ 16.500,00
- Chevrolet Corsa Pick-up GL: R\$ 18.800,00

- Fiat Strada Working: R\$ 16.100,00

- Fiat Strada LX: R\$ 20.600,00

- Ford Courier L: R\$ 18.000,00

- Ford Courier XL: R\$ 21.000,00

- Volkswagen Saveiro 1.6: R\$ 17.800,00

- Volkswagen Saveiro 2.0: R\$ 20.300,00

Picapes leves de cabine estendida

- Fiat Strada Working: R\$ 17.400,00

- Fiat Strada LX: R\$ 21.500,00

Verificamos, portanto, que um preço final de R\$ 19.600,00 para a Corsa Pick-up Cabine Estendida estaria de acordo com o mercado atual, pois não só entra na mesma faixa praticada pelo modelo similar da Fiat, mas também não representa um custo muito superior ao da atual versão básica de cabine simples. É importante salientar, ainda, que, passados três anos do lançamento do carro, o investimento de ferramental já estará amortizado. Dessa forma, uma parcela muito importante de US\$ 1.648,355 no custo total da picape poderá ser abatido, permitindo uma redução no preço final do carro, e ao mesmo tempo possibilitando um incremento no lucro da montadora com a

produção do carro. No ano seguinte, é completamente amortizado o investimento em maquinário e, mais um ano, o investimento em lay out da fábrica. É justamente por isso que, quanto mais tempo um carro permanece em produção, mais barato para o consumidor é possível que o carro fique, sem diminuir (ou mesmo até aumentando) a margem de lucro da montadora.

O projeto de um novo carro sempre considera esses períodos para a amortização do investimento, e deve ser definido também qual será o tempo de vida do modelo no mercado, seu "life time". No caso desse estudo de novo modelo, o tempo de vida no mercado da Picape Corsa teria de ser, no mínimo, de cinco anos, tempo necessário para amortizar todo o investimento. A partir daí, como já comentado, o preço do carro poderia ser reduzido, aumentando sua competitividade, e ainda aumentando o lucro da montadora. Mas como a plataforma utilizada para o estudo da variação da distância entre eixos foi a do Chevrolet Corsa, e foi definida que a melhor aplicação para esse conceito nesse carro seria uma versão de cabine estendida do modelo Picape, não podemos considerar um tempo de vida no mercado de mais cinco anos. Como a Picape Corsa atual já está no mercado há mais de cinco anos, sua vida não poderia ser tão longa, pois os padrões atuais do mercado estabelecem que um modelo deve ser substituído num período de seis anos, em média.

Dessa forma, nessa análise financeira, o ideal seria considerar um modelo novo ou lançado há menos tempo no mercado, mas o procedimento é correto e, partindo do princípio que a Picape Corsa Cabine Estendida poderia ser produzida por mais cinco anos, o estudo de viabilidade financeira é válido.

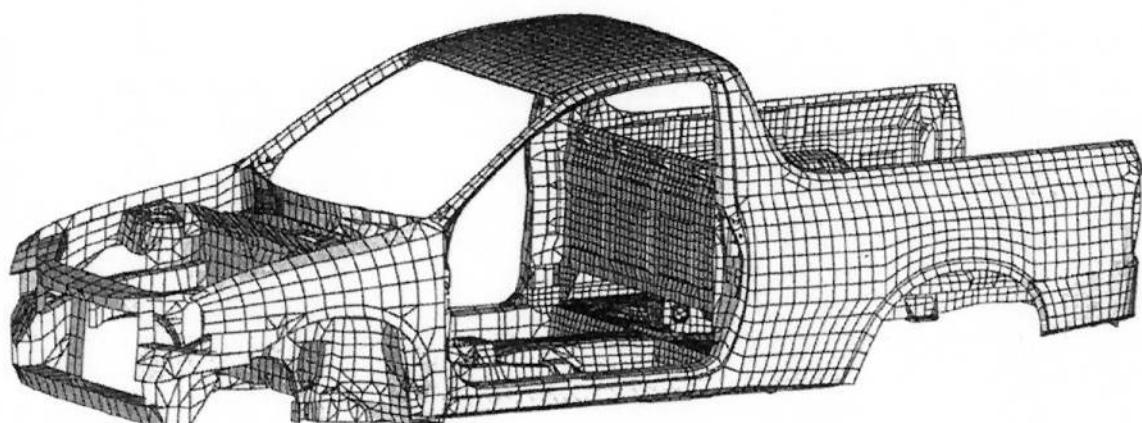
Baseado, enfim, nas informações obtidas com a pesquisa feita com o público alvo do modelo, com a análise do mercado das picapes leves nos

últimos anos (em especial o impacto do lançamento da versão cabine estendida da Fiat Strada) e também o estudo de viabilidade financeira, definindo preço e volume esperado de vendas do carro, chegamos à conclusão de que há mercado para a Picape Corsa Cabine Estendida, que o preço final é coerente com a proposta do modelo e que esse virtual lançamento certamente iria incrementar as vendas da General Motors no segmento.

12. MODELAGEM MATEMÁTICA

Aprovada em termos de mercado e viabilidade financeira, a proposta da Picape Corsa Cabine Estendida deve, agora, provar ser viável também estruturalmente. Partindo de um modelo matemático da carroceria da Picape Corsa atual de cabine simples, podemos levantar os pontos críticos da carroceria e estudar o impacto das alterações em sua estrutura para a concepção do novo veículo. O modelo matemático da carroceria da atual picape Corsa é representado na figura 21 abaixo:

Figura 21: Modelo Matemático da carroceria da Picape Corsa



A partir do modelo matemático da carroceria da Picape Corsa de cabine simples, foi desenvolvido especialmente para esse estudo de viabilidade um novo modelo, alterado de forma a aproximar da melhor maneira possível a nova carroceria de cabine estendida. Cabe ressaltar que, em todo o estudo, que abordou inúmeros e diferentes fatores, esta etapa foi a mais difícil e demorada, pois o modelo matemático utilizado como ponto de partida é complexo, com um número elevadíssimo de elementos e tal desenvolvimento não foi realizado pela própria GM como parte de um projeto, mas sim pelo aluno com fins puramente acadêmicos. Dessa forma, a utilização dos recursos da empresa era limitada, e dependia de muitos fatores, como a simultânea disponibilidade de tais recursos e do aluno que propôs e desenvolveu o projeto.

O ponto de partida para a criação do novo modelo matemático para a Picape Corsa cabine Estendida foi a concepção da flange intermediária para o assoalho. Considerado o perfil da extremidade traseira do assoalho dianteiro, a flange foi criada como um prisma de mesmo perfil e mesma espessura da chapa utilizada nos assoalhos, de forma a se encaixar perfeitamente nos dois assoalhos já existentes. A solução, simplificada, não equivale à que seria desenvolvida para a proposta real, mas é adequada para a simulação proposta. Tal flange foi ligada virtualmente aos assoalhos por meio de união rígida, que simula a soldagem entre as peças.

As demais modificações ficam por conta dos novos painéis laterais, teto alongado e a nova coluna. A partir do painel lateral original, foram alongados nos 30 centímetros propostos as barras longitudinais superiores e inferiores, mantendo os perfis e as características do painel original. O mesmo processo foi utilizado para o novo teto, igualmente 30 centímetros mais longo.

Para a nova coluna, mais uma simplificação foi introduzida: apenas a coluna foi incluída, pois o novo painel lateral tem o mesmo perfil do anterior, apenas mais longo, e não inclui a moldura para a nova janela lateral. Mas como, estruturalmente, a coluna é mesmo muito mais importante do que essa região do painel lateral, a aproximação é válida. O desenho dessa coluna foi feito de acordo com a coluna existente da Picape Corsa atual, mas também com perfil bem simplificado, sobretudo na parte interna. Mais uma vez, apesar da simplificação, para fins de análise estrutural o modelo é adequado.

Na fase anterior desse projeto, já havia sido simulada no modelo matemático da carroceria de cabine simples diversas condições de solicitação, como torção, "bending" (carga concentrada e elevada) localizada na caçamba, entre os eixos, e "bending" na região traseira da caçamba, após o eixo traseiro. Para o novo modelo de carroceria de cabine estendida, foram aplicados os mesmos testes, e os resultados das duas carrocerias foram comparados, como será mostrado adiante.

Da mesma forma que já ocorria com a carroceria de cabine simples, o modelo matemático da carroceria de cabine estendida foi feito com elementos quadriláteros de quatro nós, que permite uma aproximação mais próxima da carroceria real do que elementos triangulares de três nós, por exemplo. Esse tipo de discretização demanda um tempo maior de processamento em comparação ao elemento triangular linear, e é mais difícil de aproximar os contornos mais complexos da carroceria. Em regiões de forma mais complexa, ou em regiões críticas para uma picape, o modelo matemático original da picape de cabine simples já utilizava regiões com um modelo quadrático refinado. A diferença entre este modelo e o quadrático linear está no maior

refinamento da malha em torno das regiões mais complexas ou críticas, permitindo uma melhor discretização dessas regiões.

No modelo matemático original, a malha era mais refinada em regiões como os pára lamas, abaulados e com as caixas de roda (especialmente os traseiros), na caçamba, colunas "A" (aqueles que dividem o pára brisa e as portas dianteiras) e na parede entre a cabine e a caçamba da picape. Algumas regiões menores do assoalho e do teto também apresentavam maior refinamento na malha.

No novo modelo matemático de cabine estendida, essas regiões mantiveram o refinamento, e também foram refinadas as regiões de solda da flange intermediária do assoalho e a nova coluna central, as regiões mais críticas quanto às solicitações nesse novo modelo.

Como há um maior número de elementos nas regiões mais refinadas, o tempo de processamento desse tipo de discretização também é maior do que seria o de um modelo quadrático linear, mas sem esse refinamento não seria possível representar a carroceria da picape de maneira adequada. Outros modelos mais sofisticados de discretização, com mais elementos e um maior número de nós, faria com que aumentasse exponencialmente a complexidade do modelo e o tempo de processamento, com ganhos reduzidos na representação da carroceria. Considerando todos esses fatores, o modelo de discretização mais adequado é mesmo o quadrático de malha refinada, pois consegue representar a carroceria de forma adequada mantendo uma certa simplicidade de construção e simulação.

Mesmo assim, devido ao tamanho e à considerável complexidade do modelo, o tempo de processamento das simulações realizadas é muito

elevado, e só pode ser executado em computadores de grande porte, como é o caso das máquinas disponíveis na General Motors. Para realizar as simulações necessárias, tanto na carroceria de cabine simples como na estendida, os modelos (disponíveis em rede para todas as unidades da General Motors do mundo) entravam numa fila e eram processados no servidor central da GM para análises estruturais, em Detroit, EUA. Para as máquinas disponíveis no país, há uma limitação de tamanho do modelo, e elas são capazes de processar modelos de componentes mais simples dos carros – um modelo complexo, como uma carroceria completa, está acima das capacidades das máquinas disponíveis na GMB.

Havia, então, um problema prático para executar essas simulações, pois como já comentado esse projeto não é conduzido pela própria GM, e sequer há um estudo ou previsão para tal. Dessa forma, as simulações eram realizadas apenas quando havia disponibilidade do servidor central, algo raro de ocorrer. O mesmo problema foi enfrentado na própria construção do modelo. Todas essas limitações na utilização dos inúmeros recursos da empresa acabaram por atrasar o cronograma original do projeto, mas, felizmente, não chegaram a inviabilizá-lo.

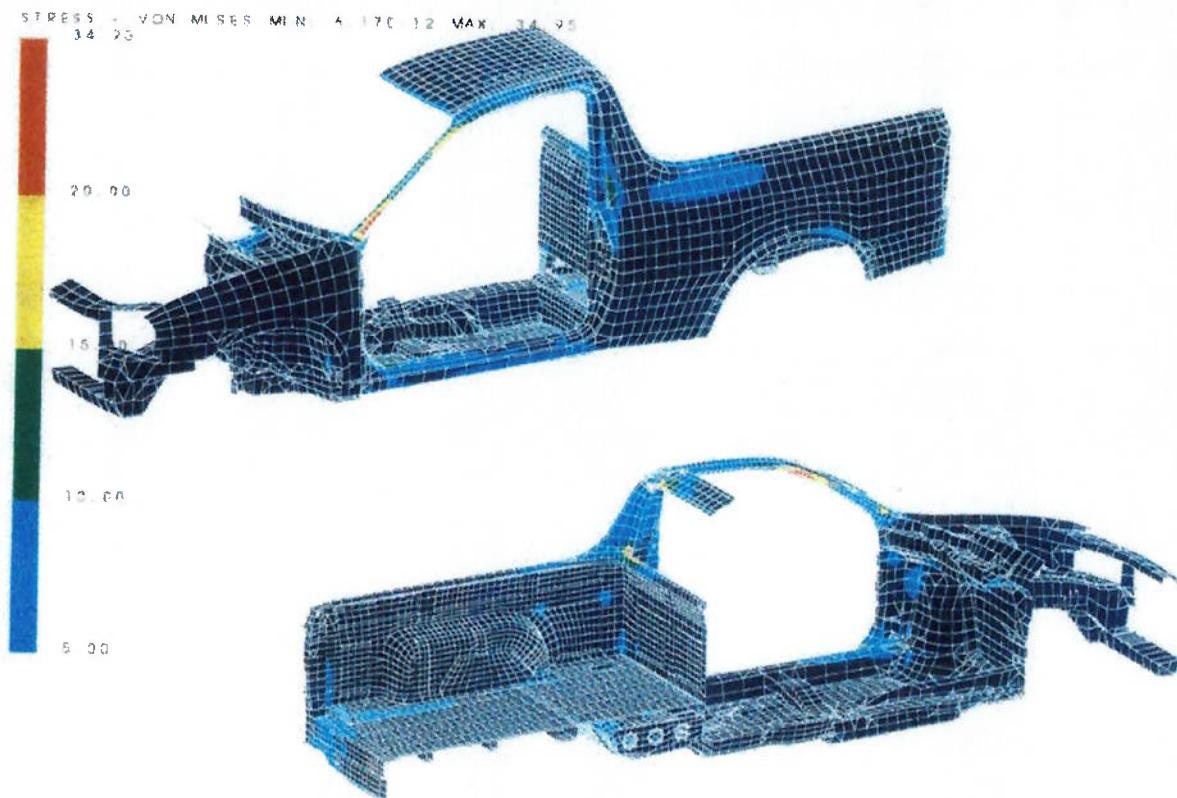
13. ANÁLISE ESTRUTURAL

A seguir, temos os resultados obtidos com o modelo matemático da carroceria simples, e a comparação com os resultados do modelo de cabine estendida.

→ Diagrama de tensões – torção

Temos, abaixo, o modelo matemático da carroceria da picape Corsa atual de cabine simples submetida a uma simulação de torção, de acordo com o critério de Von Mises:

Figura 22: Análise de torção – carroceria cabine simples



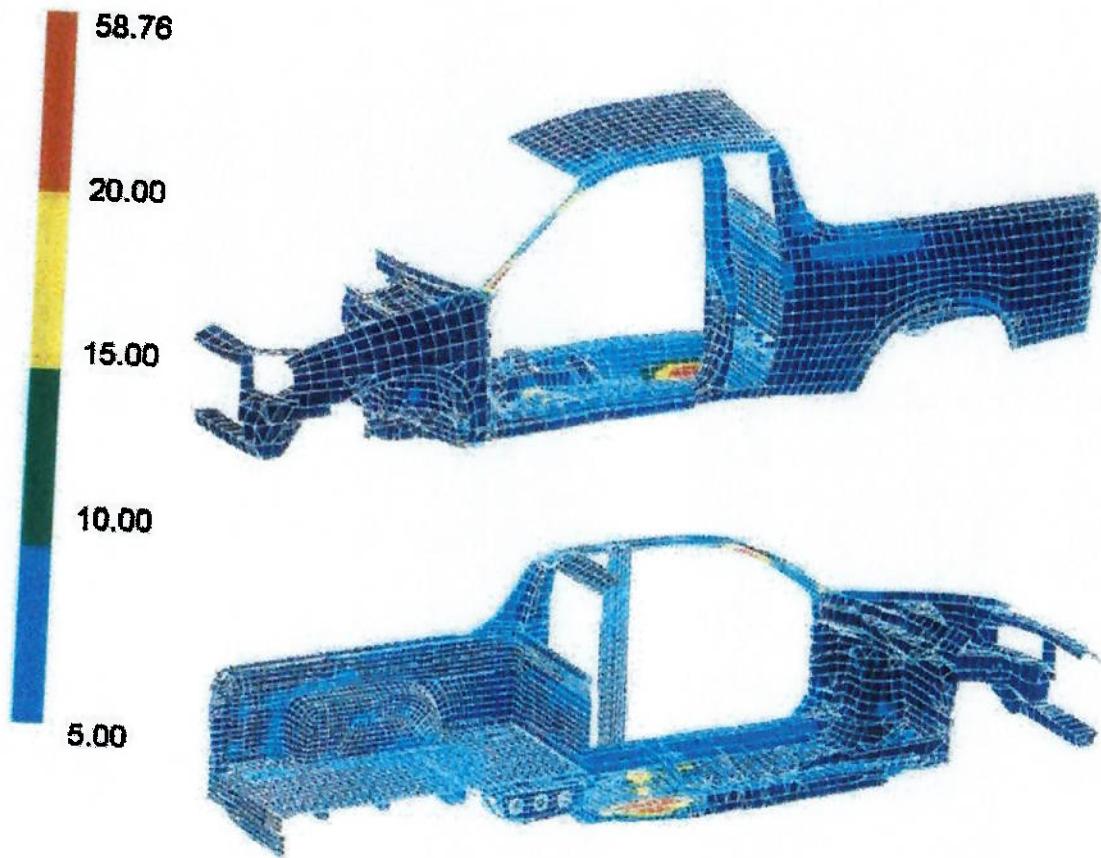
De acordo com os resultados acima, verificamos que as regiões críticas quanto à torção da carroceria da picape Corsa atual estão localizadas na coluna A e na barra transversal anterior do teto, como indicado na figura. O

valor máximo de tensão a que chegam essas regiões da carroceria é de 34,95 MPa. Na carroceria com cabine estendida, a porta e a localização da coluna B são idênticas às da carroceria atual, e há ainda a coluna C, depois da janela lateral. A presença desta nova coluna contribui para a rigidez da cabine no modelo estendido, mas o volume interno da cabine também é maior. Dessa forma, a análise da carroceria de cabine simples mostra que no modelo de cabine estendida podem ser necessários reforços na coluna A e na barra transversal anterior do teto, para que os valores de tensão da nova carroceria, quando submetida à torção, fiquem próximos ou mesmo inferiores aos da carroceria atual.

Verificamos, ainda, que as regiões de solda entre os assoalhos dianteiro e traseiro não são críticas e, assim, a solução apresentada para aumentar a distância entre eixos com a flange soldada entre os dois assoalhos não deve apresentar problemas estruturais quando a carroceria for submetida à torção.

De posse dessas informações, e com o modelo matemático da carroceria de cabine estendida em mãos, realizamos a análise estrutural do novo modelo submetido às mesmas condições de torção, conforme verificamos na figura 23, que se segue.

Figura 23: Análise de torção – carroceria cabine estendida



Pelos resultados gráficos acima, podemos verificar que a carroceria com cabine estendida continua tendo como pontos críticos à torção a região do pára brisa dianteiro, com valores até superiores aos da versão de cabine simples, por conta do teto maior e do maior volume interno da cabine. Mas a região mais afetada na simulação de torção foi a união entre o assoalho traseiro e a flange intermediária, indicando que poderia ser necessários reforços estruturais

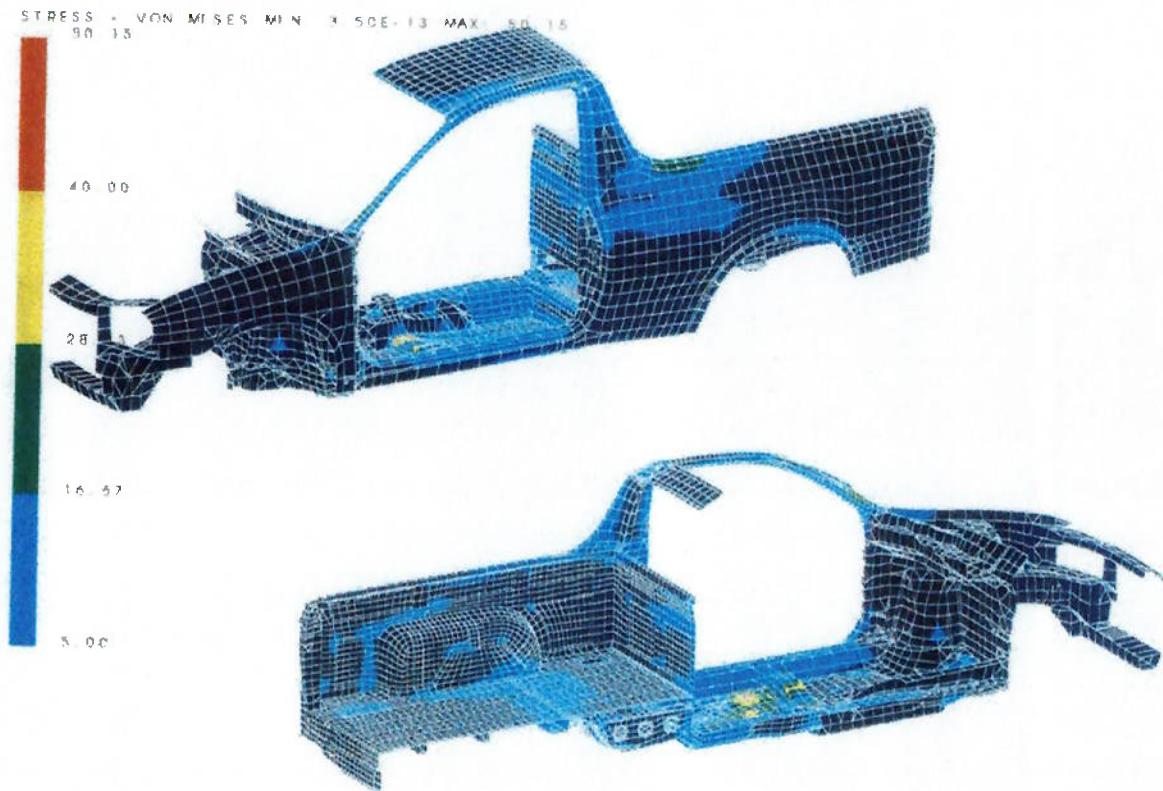
nessa região, a fim de melhorar o comportamento do carro quando submetido à torção. A máxima tensão da carroceria cabine estendida na simulação foi igual a 58,76 MPa, um valor cerca de 68% acima da máxima tensão obtida na simulação da cabine simples, mas ainda dentro da faixa considerada aceitável para a picape.

Tal elevação da tensão, localizada na região de solda entre o assoalho traseiro e a flange para prolongar a distância entre eixos, se deve justamente ao aumento da distância entre eixos. Mais longo, o assoalho da picape estendida fica mais suscetível à torção, e o fato de haver essa região relativamente grande de solda faz com que os maiores esforços se concentrem nela, aumentando sua tensão quando o carro é submetido à torção. Uma maior espessura na flange, ou reforços soldados após a união entre a flange e o assoalho, poderiam minimizar ou resolver o problema.

→ Diagrama de tensões – “bending”

O teste de “bending” consiste em concentrar uma elevada carga em um ponto específico da carroceria, entre os eixos – no caso da picape, na caçamba. O objetivo dessa simulação é verificar a resistência da carroceria a cargas concentradas, na tendência de “dobrar” ao meio a carroceria da picape. A figura 24 a seguir mostra os resultados da simulação do “bending” na carroceria da picape Corsa atual de cabine simples:

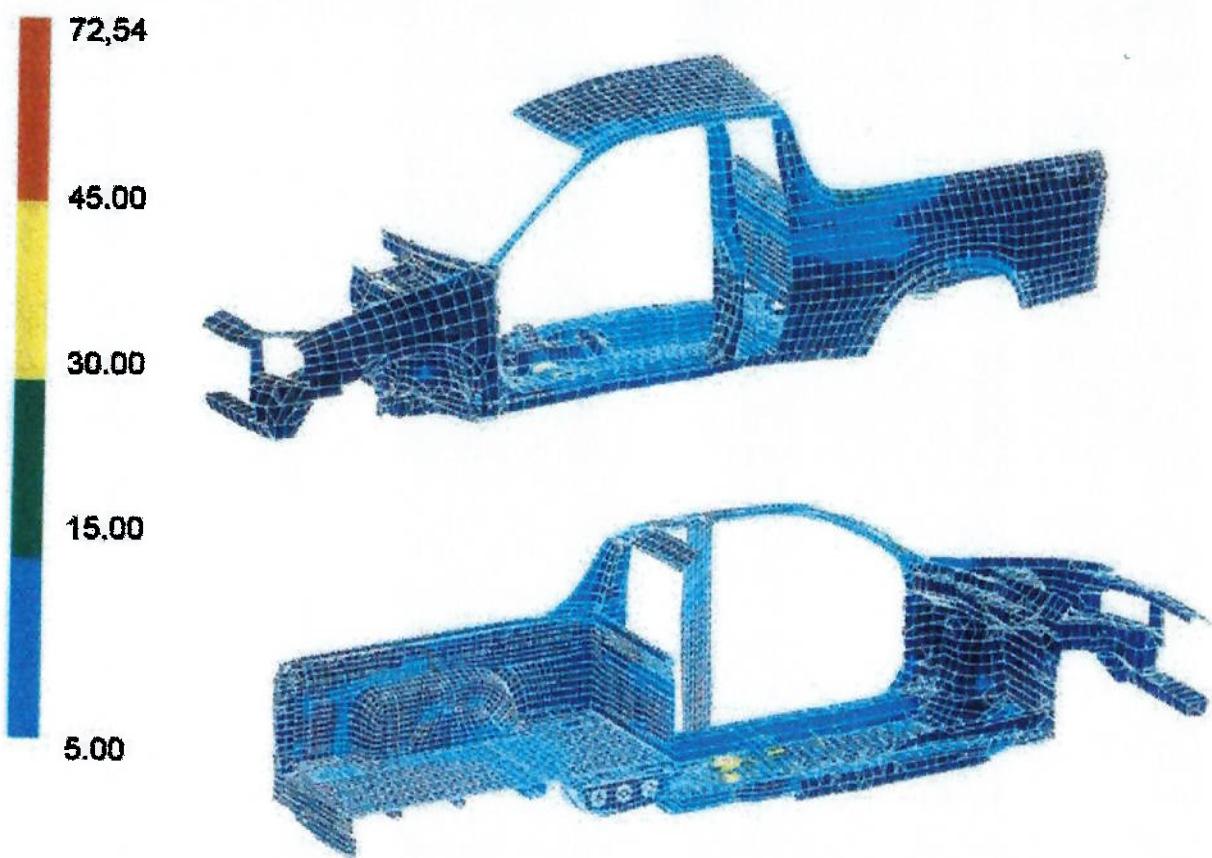
Figura 24: Análise de bending – carroceria cabine simples



Por ser um teste mais rigoroso, seria mesmo esperado que os níveis de tensão da carroceria submetida ao “bending” fossem superiores aos apresentados pela carroceria submetida à torção. O valor máximo de tensão a que chegou a carroceria da picape cabine simples, nesse caso, foi de 50,15 MPa. Neste teste, porém, verificamos uma região crítica na solda dos assoalhos, conforme indicado. Isso mostra que, para a solução dos assoalhos soldados à flange central, deve-se levar em conta o teste de “bending”, pois a solda e mesmo o novo elemento do assoalho serão mais solicitados. Pode-se

fazer necessário a utilização de uma chapa mais grossa na construção da flange do assoalho, ou mesmo de reforços nas regiões soldadas, como já concluímos também no ensaio de torção com a nova carroceria. Partindo para a simulação com o modelo da cabine estendida, temos os resultados representados na figura 25 abaixo:

Figura 25: Análise de bending – carroceria cabine estendida



Podemos verificar, conforme resultado gráfico acima, que os pontos mais críticos da carroceria de cabine estendida, quando submetia ao teste de

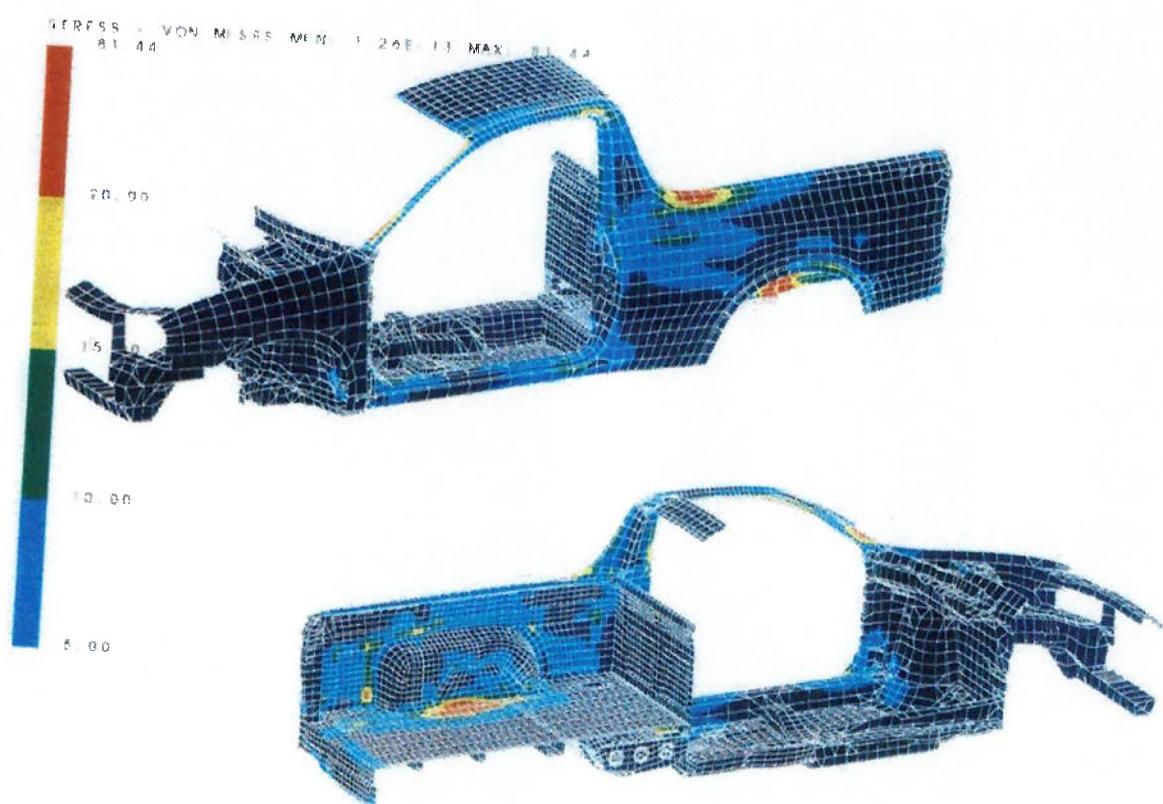
"bending" continuam sendo na região de solda dos assoalhos, mas não representa um acréscimo significativo de tensão em relação ao observado na versão de cabine simples. Há poucos pontos de pico de tensão, que chega a um máximo de 72,54 MPa, valor 44 % acima do máximo observado na picape de cabine simples. Não há dúvidas de que, nesse teste, o que favoreceu os resultados de tensão na simulação foi a presença da coluna extra na nova carroceria da picape. Continua valendo a conclusão anterior, de que reforços na região de soldagem entre os assoalhos e a flange melhorariam o desempenho da carroceria neste teste, mas nesse caso específico não há problemas estruturais no novo modelo de carroceria de cabine estendida.

→ Diagrama de tensões – "bending" na extremidade traseira

O "bending" na extremidade traseira é um teste semelhante ao "bending", mas consiste em concentrar uma carga elevada na extremidade posterior da caçamba, e não entre os eixos, e verificar a distribuição de tensões na carroceria da picape. Para um veículo utilitário de carga, como uma picape, esse teste é muito importante, pois simula a pior condição possível de carregamento na caçamba. O modelo original da carroceria da Picape Corsa Cabine Simples já traz uma série de reforços estruturais na carroceria justamente por conta dessa solicitação de carga, e tais reforços foram mantidos no novo modelo da carroceria de cabine simples. Aliás, toda a região traseira da carroceria, incluindo a caçamba e seus reforços, são idênticas nas duas

carrocerias. A figura 26 abaixo representa a simulação deste teste na carroceria da picape atual:

Figura 26: Análise de bending traseiro – carroceria cabine simples



Por ser o teste mais rigoroso, o “bending” na extremidade traseira da caçamba da picape mostra níveis de tensões mais elevados do que os teste anteriores, chegando a um máximo de 81,44 MPa, mas as regiões críticas são concentradas nas caixas de roda traseiras e na lateral superior anterior da caçamba. Como a picape de cabine estendida terá a mesma caçamba da atual, e a mesma distância entre o eixo traseiro e a extremidades da caçamba, o

novo modelo não deverá sofrer restrições neste teste. Além disso, como o entre eixos e o comprimento total serão maiores, a estrutura como um todo deverá sofrer menos com a carga centralizada na extremidade traseira da caçamba.

O ensaio de “bending” na extremidade traseira com o modelo matemático da carroceria de cabine estendida gerou os resultados que seguem na figura abaixo:

Figura 27: Análise de bending traseiro – carroceria cabine estendida



Verificamos na figura acima que os pontos críticos na caçamba da picape de cabine estendida continuam, mas com valores maiores ligeiramente superiores, chegando a um máximo de 97,08 MPa, apenas 19% acima do valor máximo apresentado na carroceria de cabine simples. A maior diferença está no aparecimento de pontos críticos na região de soldagem entre o assoalho traseiro e a flange central, uma vez que a força centralizada na extremidade traseira da caçamba provoca um momento mais elevado, pois a distância da aplicação da força aumentou junto com o aumento da distância entre eixos da picape. Esse resultado, em conjunto com o apresentado no teste de torção, mostra que poderiam ser incluídos na carroceria da picape reforços na região de solda entre os assoalhos e a nova flange intermediária. Tais reforços poderiam fazer com que os níveis de tensão da carroceria nesses casos ficassem no mesmo nível dos apresentados pela versão da carroceria com cabine simples. De qualquer forma, os valores apresentados pela nova configuração da picape não estão fora dos padrões considerados normais pela montadora, e a carroceria poderia ser construída de acordo com o modelo matemático sem maiores problemas, apenas perdendo um pouco de sua rigidez atual.

→ Conclusões

Com base, enfim, nos resultados apresentados pelos modelos matemáticos da carroceria atual da picape Corsa, de cabine simples, e do novo modelo para uma versão de cabine estendida, podemos considerar que, numa

primeira análise, a solução da plataforma variável com flange entre os assoalhos dianteiro e traseiro não apresentará problemas estruturais. E, como de praxe em projetos de estruturas de veículos, sempre são possíveis reforços estruturais em regiões críticas, como já comentado.

A escolha de uma picape para o estudo da solução encontrada para a variação da distância entre eixos também é adequada do ponto de vista estrutural, pois apresenta uma condição mais crítica do que em um carro de passeio, por exemplo, em que o carregamento é inferior. Se a solução encontrada para aumentar a distância entre eixos – a flange intermediária, soldada entre os assoalhos dianteiro e traseiro, já existentes – se mostra adequada a uma picape, portanto, com sua elevada capacidade de carga, deverá apresentar menos problemas estruturais em um veículo de passeio.

14. DIMENSÕES E DESIGN

Apesar do acréscimo na distância entre eixos, e consequente aumento no comprimento, as dimensões da nova versão da picape permanecem na média do segmento, e até inferiores às da picape Courier, da Ford. Podemos verificar as especificações de carroceria das picapes leves do mercado na tabela que se segue:

Tabela 2: Comparativo de características das picapes

	Courier	Saveiro	Strada	Strada Estendida	Corsa	Corsa Estendida
Passageiros	2	2	2	2	2	2
Cap. de carga	700 kg	700 kg	705 kg	685 kg	600 kg	600 kg
Comprimento	4457 mm	4441 mm	4398 mm	4398 mm	4153 mm	4453 mm
Largura	1685 mm	1628 mm	1665 mm	1665 mm	1688 mm	1688 mm
Altura	1477 mm	1457 mm	1595 mm	1544 mm	1392 mm	1392 mm
Dist. Entre eixos	2830 mm	2598 mm	2718 mm	2718 mm	2480 mm	2780 mm
Bitola diant.	1449 mm	1388 mm	1425 mm	1425 mm	1387 mm	1387 mm
Bitola tras.	1462 mm	1384 mm	1390 mm	1390 mm	1427 mm	1427 mm
Peso	1080 kg	1000 kg	1030 kg	1050 kg	940 kg	1040 kg *

* Valor estimado

Dessa forma, parâmetros importantes para um automóvel, como manobrabilidade e dimensões, estão preservados no modelo proposto. Como o modelo atual de cabine simples da Picape Corsa é o menor da categoria, o aumento de comprimento não a tornaria maior do que as rivais, apenas do mesmo porte. Como estamos alterando apenas a distância entre eixos e o comprimento da picape, as dimensões de largura, bitolas dianteira e traseira e largura da picape cabine simples são mantidas no modelo de cabine estendida.

Outro fator importantíssimo para o êxito comercial de um modelo, seja ele de que categoria for, é o design. As ilustrações que se seguem mostram o modelo original da Picape Corsa e, abaixo deste, uma simulação de um modelo de cabine estendida, mostrando que a alteração não tornaria desproporcionais ou menos atraentes as linhas da picape. Ainda que beleza e design sejam conceitos subjetivos, e não fundamentais para um projeto de

engenharia, não podem ser desconsiderados na concepção de um novo veículo.

Figura 28: Design Picape Corsa Cabine Simples

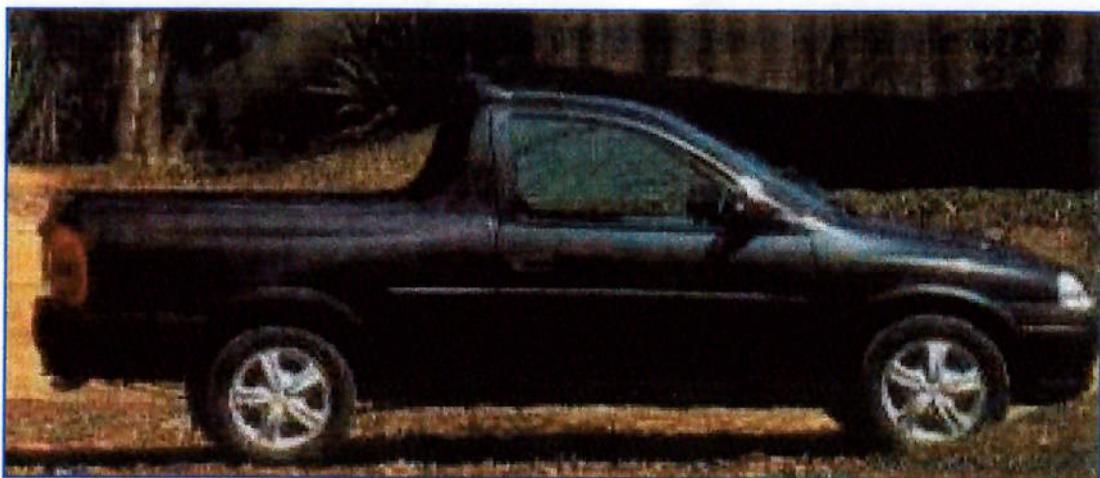


Figura 29: Design Picape Corsa Cabine Estendida



15. TESTES E VALIDAÇÕES

Definidas todas as características do novo produto, é hora de começar a transformar o projeto em realidade. Na General Motors, empresa que deu suporte ao desenvolvimento desse projeto, são quatro as fases de desenvolvimento de um novo produto: mula, alfa, beta e gama.

No início do desenvolvimento de cada novo veículo, muitas de suas peças ainda não estão definidas. A área de fabricação de peças experimentais é responsável, então, por fabricar essas peças, em materiais alternativos, como resina, plástico, fibra, madeira e até papel. Essas peças experimentais são utilizadas para avaliar a montagem de sistemas e componentes, sem que seja preciso arcar com o elevado custo de uma peça protótipo vinda de um fornecedor. Entre as diversas máquinas e ferramentas dessa área, a mais interessante é a máquina de histeritografia, uma espécie de "impressora" em três dimensões, que cria a peça em resina a partir do arquivo digital de seu desenho. Perfeita para produzir peças pequenas e componentes de conjuntos, essa máquina está em ação na empresa há pouco mais de um ano, e economiza muito tempo e dinheiro da GM no desenvolvimento de seus modelos.

Na fase mula, é utilizado um carro normal de produção que tenha as características de tamanho, peso e mecânica mais próximas às do modelo em projeto. Por exemplo: para o virtual desenvolvimento da Picape Corsa Cabine Estendida, poderia ser utilizada como mula a própria Picape de cabine simples, com modificações na suspensão e lastro para que simulasse as condições do

novo modelo. Na mula são instalados e testados componentes do novo carro, que ainda não tem nenhum protótipo.

Na fase alfa, os primeiros protótipos são construídos, mas com peças ainda bem pouco desenvolvidas. Conforme essas peças protótipos vão evoluindo, e se aproximando do produto final, o projeto entra na fase beta. Já nas fases alfa e beta os protótipos começam a ser validados, ou seja, suas peças e componentes vão sendo desenvolvidas de forma a chegar às características finais do carro que chegará ao mercado.

Esses testes podem ser estáticos ou dinâmicos, em laboratório, pistas ou mesmo nas estradas, como análise de componentes sob ação de intempéries, testes de vedação, testes de rodagem com carga máxima, sob temperaturas extremas, e muitos outros.

Quando o carro já está totalmente definido, são montados os protótipos da fase gama, que são testados no Campo de Provas para a correção de eventuais problemas. Dependendo do projeto, a duração dessas quatro fases pode variar de menos de dois anos (caso de uma nova versão de um modelo já em produção, como seria a Picape Corsa Cabine Estendida), até cerca de quatro anos, para um carro totalmente novo. Dependendo do projeto, uma ou mais dessas fases podem ser eliminadas.

É com os protótipos da fase gama, que já devem representar todas as características finais do carro, que os testes e validações finais são realizados. A cada fase, os resultados obtidos com os testes realimentam o processo, que dessa forma deve sanar todos os possíveis problemas do veículo antes que este chegue ao mercado. Para tanto, a empresa conta com um moderno campo de provas, com inúmeras pistas que simulam todas as condições de

piso, temperatura e utilização pelas quais o veículo deverá passar, além de laboratórios de segurança (crash tests, desenvolvimentos de cintos de segurança, barras de proteção na portas, etc), laboratório de emissões (checando os níveis de emissão dos motores), checagem de ruídos e suas causas, e muitos outros. Apenas depois de aprovado em todos esses testes o protótipo representa fielmente o carro que deverá sair da linha de montagem da empresa.

Os carros utilizados nas quatro fases de projeto da montadora são montados na área de Montagem de Protótipos. A partir de uma definição da área de Integração e Coordenação de Protótipos, esses carros são programados para serem montados, e é nessa área que ocorre a montagem. Em uma pequena linha que reproduz as condições das linhas de montagem das fábricas, e de posse das listas de peças definidas pelas diversas Engenharias de Produto, a área de Montagem de Protótipos constrói esses veículos.

Portanto, depois de construídos todos esses protótipos nas suas diversas fases de desenvolvimento, e devidamente testados até que se chegue nas características desejadas para o produto, o carro está pronto para passar à produção em série.

16. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Algumas considerações devem ser feitas antes da conclusão desse relatório.

1. O projeto buscou atender, simultaneamente, o Trabalho de Formatura da Escola Politécnica e também o Projeto de Estágio para a General Motors do Brasil. Para esse desenvolvimento, a empresa apresentou inúmeras propostas de temas, todos eles ligados a desenvolvimentos atuais de seus produtos. Temas como nacionalização de peças e sistemas, troca de materiais de componentes visando redução de custo ou de peso ou comunicação de itens entre diferentes plataformas foram sugeridos, mas negados porque seriam desenvolvidos pela empresa, apenas com "participação especial" do estagiário. A proposta do estudo de viabilidade para uma plataforma de entre eixos variável foi apresentada por mim mesmo, e aceita pelo coordenador do estágio. Percebendo o potencial que havia em estudar todas as fases pelas quais passam um novo projeto automobilístico, esse trabalho foi além do desenvolvimento da plataforma variável para englobar também os fatores que são considerados antes e depois de uma decisão como a de uma concepção de carroceria como essa. Penso que, com ela, o aprendizado foi mais amplo e o trabalho desenvolvido ficou sob minha responsabilidade.

2. Como já comentado, o maior desafio neste projeto foi a construção do modelo matemático da carroceria da Picape Cabine Estendida, pois o uso das ferramentas era restrito, por este não ser um projeto em andamento na General Motors, e a complexidade que envolveu tal trabalho, elevada.
3. O projeto visa chegar o mais próximo possível do que seria um projeto similar executado pela própria General Motors. É por isso que é dada ênfase especial em fatores de marketing, finanças e design, pois fazem parte do dia a dia e do trabalho dos engenheiros de carroceria da montadora, e são de vital importância em qualquer projeto automobilístico.