

SILVA, Rita de Cássia; NUNES, Maria Alzira de Araújo. "MSC ADAMS: Aspectos Gerais", p.11-74. In: Maria Alzira de Araújo Nunes, Rita de Cássia Silva. **MSC ADAMS: Guia prático de Utilização**, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2014.
<http://dx.doi.org/10.5151/BlucherOA-MSCAdams-01>

1 CAPÍTULO

MSC ADAMS: Aspectos Gerais

1.1. Sobre o MSC ADAMS

Historicamente, a tecnologia existente no ADAMS foi implementada há mais de 30 anos. Originalmente, o software era denominado ADAMS/Solver, que era um aplicativo que resolvia equações não lineares a partir de arquivos tipo texto “.txt” que eram submetidos ao, então, ADAMS/Solver.

Nos anos 1990, com a chegada do ADAMS/View, os usuários passaram a ser capazes de construir, simular e gerar resultados para análise de um produto em um ambiente relativamente simples. Hoje, o ADAMS se apresenta como um sistema modular com diferentes *plug-ins* que se atendem às diferentes necessidades do usuário.

Seu contexto de utilização se justifica, uma vez que softwares CAD (*Computer Aided Design*) podem auxiliar apenas na avaliação de interferências entre peças, análise estática, avaliações de cinemática básica e de frequência de vibração. O MEF (Método dos Elementos Finitos) é eficiente para o estudo de vibrações lineares

e transientes dinâmicos, mas não atende eficazmente a análises que envolvam grandes rotações, movimentos não lineares não infinitesimais de sistemas mecânicos.

O ADAMS, como uma ferramenta CAE (*Computer Aided Engineering*), é um software de análise cinemática e de dinâmica multicorpos, muito utilizado no domínio da Engenharia. Seu objetivo é auxiliar seus usuários no estudo da cinemática e dinâmica de mecanismos complexos, assim como na determinação da distribuição de esforços, gerada mediante a ação de um determinado sistema de força e sob determinadas condições de funcionamento.

Assim como outros softwares, o ADAMS vem ao longo dos anos sofrendo atualizações de suas versões de modo a deixar a interface mais amigável e interativa, bem como a adição de novos módulos (ou *plug-ins*). O conteúdo deste livro foi desenvolvido na plataforma MD R3, utilizando a interface clássica (*Classic interface*), o que permite a execução dos exemplos aqui descritos nas demais versões do software, mesmo as mais atuais. Neste sentido, torna-se necessária apenas, a alteração do modo de visualização da interface. Por exemplo, para o usuário que utiliza o ADAMS 2012, acesse o menu *Settings* → *Interface Style* → *Classic*.

A notar: As raízes da dinâmica de multicorpos data de antes da Mecânica Analítica que teve início com os Princípios de Newton, Euler aplicado a corpos rígidos e a Mecânica Analítica de Lagrange. Importantes contribuições à dinâmica multicorpos são identificadas nos trabalhos de D'Alembert, em seu Tratado da Dinâmica (Traité de Dynamique), Jourdain em sua analogia ao Princípio de Gauss, entre outros.

O estudo da dinâmica multicorpos ganhou força no século XX com as teorias do giroscópio e do mecanismo de Wittenbauer. No meio deste século, o estudo de aeronaves e da biomecânica impulsionou mais ainda a área. O fundamento da dinâmica multicorpos no ramo da Mecânica está em modelar o comportamento dinâmico de um sistema de corpos rígidos ou flexíveis interconectados, sendo que cada um dos corpos pode sofrer grandes translações e rotações. Neste sentido, o sistema mecânico original deve ser modelado utilizando elementos pertinentes à aproximação do sistema multicorpos, quais sejam: barras ou superfícies rígidas ou flexíveis, juntas, molas, amortecedores, além de considerar a gravidade e estabelecer a posição e/ou forças atuantes.

1.2. Considerações gerais sobre o módulo ADAMS/Car

O módulo ADAMS/Car destina-se ao desenvolvimento de projetos na área automobilística, atendendo usuários que desejem construir protótipos virtuais de subsistemas veiculares. Entende-se por subsistemas a suspensão dianteira e traseira, sistema de direção, sistema de freios, motor/transmissão e chassi. O veículo completo surgirá com a consideração de todos esses subsistemas juntos. É possí-

vel também, nesse módulo, simular individualmente a suspensão, assim como o veículo completo.

Assim, este tópico tem por objetivo apresentar ao leitor o ambiente do módulo ADAMS/Car. Neste sentido, os itens que se seguem irão mostrar as atribuições/permisões de cada tipo de usuário; arquivos de configuração; a estrutura da base de dados no ADAMS, a hierarquia de dados, como acessar o *Help* do software, além de alguns conceitos básicos.

1.2.1. Tipos de usuário e arquivo de configuração

Para desenvolver protótipos no ADAMS/Car, é necessário, primeiramente, recorrer ao arquivo de configuração do módulo e estabelecer o tipo de usuário, tendo em vista as operações que esse módulo irá desempenhar. O arquivo a que se refere é o *.acar.cfg*, que é criado automaticamente para cada usuário pelo ADAMS/Car; e os usuários podem operar em dois modos: como usuário padrão (*Standard User*) ou usuário *expert* (*Expert User*).

```

1 -! ***** ADAMS/Car Private Configuration File
   *****
2 - !-----!
3 - !-----!
4 - ! - List of personal environment variables
5 - !-----!
6 - ! Desired user mode (standard/expert)
7 - ENVIRONMENT MDI_ACAR_USERMODE expert
8 - !-----!
9 - ! - List of personal database directories
10 - ! Database name Path of Database
11 - !-----!
12 - DATABASE private $HOME/private.cdb
13 - ! Example database entry:
14 - !DATABASE proto_2000 /usr/people/joao/prototype.cdb
15 - DEFAULT_WRITE_DB private
16 - !-----!
17 - ! - List of personal tables directories
18 - ! Type class Name of table Extension
19 - !-----!
20 - ! Example table entry:
21 - !TABLE example example.tbl exa
22 - !!-----!
23 - ! - List of personal default property files
24 - ! Type class Default property file
25 - !-----!
26 - ! Example property file entry:
27 - !PROPFILE damper <private>/dampers.tbl/myfile.dpr
28 - !!-----!
29 - ! - List of personal default testrigs
30 - ! Assembly class Name of testrig
31 - !-----!
32 - ! Example testrig entry:
33 - !TESTRIG suspension ._MY_TESTRIG

```

Figura 1.1 – Arquivo *.acar.cfg*

A Figura 1.1 ilustra o formato do arquivo *.acar.cfg*; a escolha do tipo de usuário se dá na linha 7 do arquivo e pode ser alterado usando-se o editor padrão. O usuário *expert* é atribuído àqueles engenheiros que irão construir o protótipo virtual, pois dá acesso a todas as ferramentas de modelagem do ADAMS/Car. Normalmente, esse tipo de usuário tem acesso irrestrito a uma interface do programa com mais recursos, distinta daquela do usuário padrão.

O usuário padrão, por sua vez, poderá operar apenas na *interface* padrão (*Standard Interface*) do ADAMS/Car, sendo atribuído a projetistas e engenheiros de teste. Eles podem usar a biblioteca do ADAMS/Car para trabalhar com subsistemas já criados pelo usuário *expert* e trabalhar com o veículo completo, sendo capazes de unir todos os subsistemas já projetados e acessar o ambiente de simulação padrão.

1.2.2. Estrutura da base de dados

Há três tipos de base de dados. A primeira é a *Shared* comum a todos os usuários e constituída por exemplos que são fornecidos pela MSC.Software. O diretório denomina-se *shared_car_database.cdb* e o tipo de arquivo armazenado é *template.tbl*. A segunda é a *Private* área de trabalho do usuário (*workspace*) criado pelo ADAMS/Car no diretório do usuário. Por último, a *User* criada para um usuário específico.

A Figura 1.1 ilustra nas linhas 12 a 14 a especificação de uma base de dados. No caso em questão, linha 12, trata-se da *Private* seguida do endereço da base de dados a ser usada. As linhas 13 e 14 trazem um exemplo de como se pode proceder no preenchimento, veja que, com a exclamação na frente da linha, esta ganha *status* de comentário.

Quanto à manipulação da base de dados, ressalta-se que não há limitação quanto a seu número, recomenda-se que cada projeto tenha a sua base de dados definida pelo usuário *expert* e ao salvar um determinado projeto este só poderá ser salvo em uma base de dados por vez.

1.2.3. Hierarquia de construção de um protótipo virtual

O ADAMS/Car possui três níveis de hierarquia na construção de um protótipo virtual de um veículo, o que abrange subsistemas ou o veículo completo. O primeiro deles é o *Template*, que será desenvolvido, segundo item 1.2.2, por apenas um usuário *expert*. No *Template*, são definidas as topologias dos componentes do veículo, ou seja, definições de partes (item 1.2.5.2), como se conectam

entre si, ou seja, graus de liberdade relativos entre as partes por meio da definição de juntas, inserção de buchas.

A notar: Define-se grau de liberdade como sendo o número de movimentos rígidos possíveis e independentes que um corpo pode executar. Grau de liberdade relativo é o movimento que se estabelece de um corpo em relação ao outro em um sistema de corpos.

O ambiente de trabalho correspondente a esse usuário é chamado *Template Builder*. Se o MSC.ADAMS tiver várias licenças, o acesso à esta *interface* se dá automaticamente, a partir do momento que se define o papel de cada engenheiro/técnico no processo de desenvolvimento do produto, bem como a base de dados a qual eles terão acesso, conforme os itens 1.2.1 e 1.2.2.

Cabe ressaltar que, uma vez definido como usuário *expert*, ao iniciar-se o ADAMS/Car, esse mesmo usuário tem a possibilidade de trabalhar como usuário *expert* ou padrão, cabe a ele definir no início da seção, conforme será mostrado no Capítulo 2. Em resumo, o usuário *expert* tem direitos amplos podendo, inclusive, atuar como usuário padrão.

O segundo nível de hierarquia é o *Subsystem*. Em termos de construção de um protótipo virtual, este corresponde a um modelo mecânico gerado a partir de um *Template*. A partir do *Subsystem*, algumas soluções técnicas/premissas podem ser efetuadas sem que haja interferência de um usuário *expert*, por exemplo, a mudança de localização de *Hardpoint* ou a alteração das propriedades de uma mola ou mesmo do amortecedor, arquivo de propriedades de buchas.

De maneira geral, o *Subsystem* corresponde a uma etapa específica do *Template*, no qual o usuário pode definir novas posições para os *Hardpoints*, assim como propriedades, ou mesmo criar arquivos editáveis para definição de uma propriedade. O ambiente de trabalho correspondente a esse usuário é chamado *Standard Interface*. Os autores esclarecem que esse nível de hierarquia será denominado, ao longo do texto, como subsistema.

O terceiro nível de hierarquia é o *Assembly*, que corresponde a um conjunto de subsistemas interligados ou um subsistema e um equipamento de teste virtual simples denominado *Test Rig*. O equipamento virtual, no ADAMS/Car, é considerado um subsistema especial e representa a parte do modelo que impõe movimento ao subsistema suspensão, conforme será visto nos Capítulos 4 e 5. O *Assembly* também é desenvolvido no ambiente *Standard Interface*.

O *Test Rig* consiste de um sistema de atuadores virtuais, conforme mostrado na Figura 1.2, que impõe movimento ao sistema, sendo utilizado para testes preliminares no modelo completo, ou seja, todo o veículo, ou ainda, apenas o subsistema suspensão. Na Figura 1.2, o subsistema de direção encontra-se unido ao subsistema de suspensão dianteira, o que permite análises correspondentes à geometria desta (Capítulo 4). Assim, o *Assembly* se define pela união/junção de dois ou mais subsistemas desenvolvidos no ADAMS/Car.

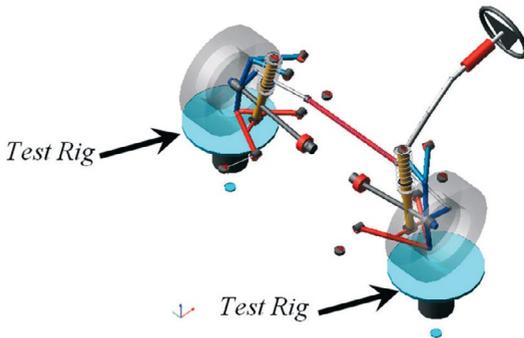


Figura 1.2 – Ilustração do *Test Rig* no ADAMS/Car, juntamente com o subsistema suspensão e direção.
Fonte: ADAMS/Car Tutorial

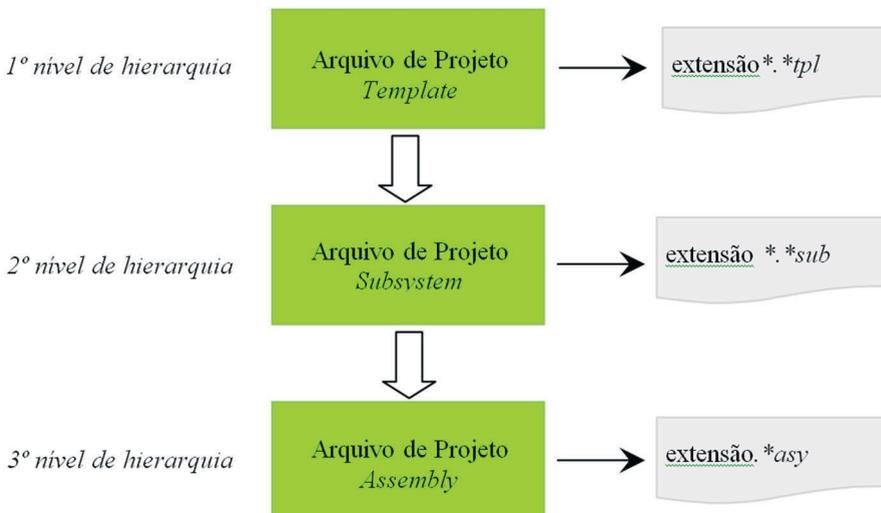


Figura 1.3 – Níveis de hierarquia do ADAMS/Car.

As extensões de arquivo para cada nível de hierarquia são *Template* *.*tbl*, *Subsystem* *.*sub* e *Assembly* *.*asy*. A Figura 1.2 consolida o exposto acima.

A notar: Cabe salientar que o mais importante na construção de um protótipo virtual é a construção do Template. Isto porque é no Template que se definirá como este se comunica com outros subsistemas e com o Test Rig (Figura 1.2), se for o caso. Em nível de um Template, definir a massa das partes que o compõe, inércia e o sistema de forças atuantes, é tarefa secundária, visto que um usuário padrão pode fazê-lo em seu ambiente. Contudo, é de extrema importância definir a conectividade entre as partes (juntas) e como as informações serão transmitidas de um Template a outro, porque tal não pode ser feito por um usuário padrão.

1.2.4. Conectividade dos subsistemas no ADAMS/Car

No processo de desenvolvimento de um protótipo virtual no ADAMS/Car, passa-se obrigatoriamente pela criação de *Templates* (item 1.2.5), em seguida, de *Subsystems* para, finalmente, chegar-se ao *Assembly*. Desta forma, a construção do *Assembly* representa o objetivo final no processo, porém, para que este seja válido, devem-se definir alguns parâmetros relativos à construção do *Template* e *Subsystem*.

A Figura 1.4 ilustra a tela de criação de um novo protótipo no ambiente *Template Builder*. A segunda aba da caixa de diálogo *New Template* solicita ao usuário a definição do *Major Role*, que, mediante um clique na seta à direita da referida aba, leva às seguintes opções: *suspension, steering, antirollbar, Wheel, body, powertrain* etc.

A partir desta tela, observa-se que todo *Template* tem seu *status* definido como *Major* e que os elementos que podem obter tal *status* correspondem aos cinco subsistemas que compõem um veículo, suspensão, direção, *powertrain*, freios e chassi, além da barra antirrolagem, rodas, mola de feixe etc. Cabe ressaltar que o *Subsystem* recebe o *Major Role* especificado na criação do *Template*, ou seja, o *Subsystem* de uma suspensão já tem características reconhecíveis pelo ADAMS/Car nessa categoria.

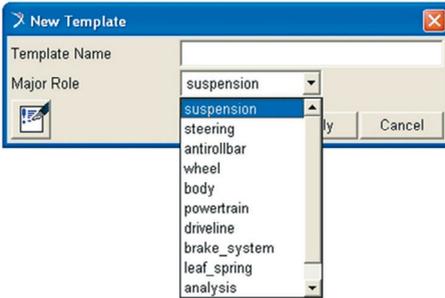


Figura 1.4 – Tela inicial de construção de um *Template* no ADAMS/Car.

Por outro lado, todo *Subsystem* gerado será *Minor Role*, conforme ilustra a Figura 1.5. A caixa de diálogo mostrada indica que este pode ser do tipo *front* (frontal), *rear* (traseiro), *trailer* ou *any*. Note que é necessário especificar o *Template* de origem, o que reafirma o dito aqui. Isto evita que o mesmo *Template*, por exemplo, o da suspensão, seja usado na dianteira e na traseira do veículo.

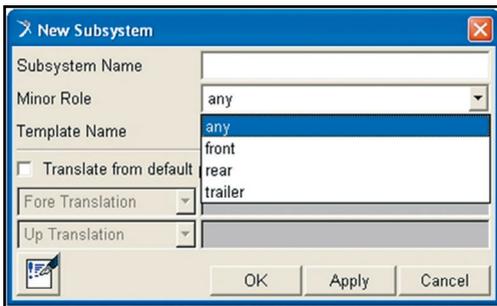


Figura 1.5 – Tela inicial de construção de um *Subsystem* no ADAMS/Car.

Uma vez selecionada a opção referente ao *Minor Role*, esta é armazenada em uma variável do tipo *string*. Essa informação será de grande importância na concepção do *Assembly*, pois ela estabelece como o *Subsystem* será identificado ao ser inserido na construção deste. Assim, se a opção *any* é selecionada na criação do *Subsystem*, este poderá conectar-se em qualquer outro subsistema ativo por meio da identificação de *Communicators* (item 1.2.5.3). As opções *rear* e *front* são mais restritas, ou seja, *Subsystems* selecionados nessas opções só se unem a outros de mesma natureza, assim, *rear* ou *front*.

1.2.5. Construindo um *Template*

Conforme dito no item 1.2.4 a criação de um protótipo virtual passa, obrigatoriamente, pela criação de um *Template*. Neste sentido, o presente tópico tem por objetivo apresentar sucintamente informações sobre a criação de *Template*

considerando o processo de parametrização; os componentes que podem formar o *Template* e a função destes no ADAMS/Car.

1.2.5.1. Parametrização no ADAMS/Car

A parametrização é um processo por meio do qual se estabelecem parâmetros e/ou variáveis para a especificação completa de um modelo. No ADAMS/Car, esse recurso está disponível e se mostra bastante útil na construção de modelos virtuais. Isto porque se estabelece uma relação entre os entes que compõem o modelo, na qual, havendo qualquer alteração em seus componentes, esta se repercute a todos os componentes relacionados atualizando o modelo final. Para o projetista, isto representa economia de tempo e esforço na correção ou atualização de modelos.

A parametrização no ADAMS/Car pode ser observada, por exemplo, na construção de *Hardpoint* (item 1.2.5.1) ou *Construction Frame* (item 1.2.5.1.2 e 1.2.5.1.3). De modo geral, no ADAMS/Car pode-se parametrizar a posição e a orientação. No caso da parametrização da posição, as opções disponíveis são: *Delta location from coordinate*; *Centered between coordinates*, *Located on line*, *Location input communicator*, *Located at flexible body node* e *Located along an axis*. Já no caso da orientação o ADAMS/Car oferece dez opções, neste guia serão apresentadas apenas as principais.

Cabe ressaltar que essas opções estão disponíveis para a construção de um *Construction Frame (cf)* que será discutido em 1.2.5.1.1 e 1.2.5.1.2. A janela, à direita, mostrada na Figura 1.6, representa a tela geral de criação de um *cf*.

Repare que esta tela, Figura 1.6, pode ser dividida em três áreas. A primeira se refere à identificação do *cf*. A segunda se refere à parametrização da posição no ADAMS/Car, solicitando ao projetista o tipo de relação de dependência (*Location Dependency*). Obviamente, as abas que se seguem nesta área variam de acordo com o tipo selecionado. A terceira e última área traz a parametrização da orientação (*Orientation Dependency*). A seguir, nos itens 1.2.5.1.2 e 1.2.5.1.3, serão apresentadas algumas dessas opções.

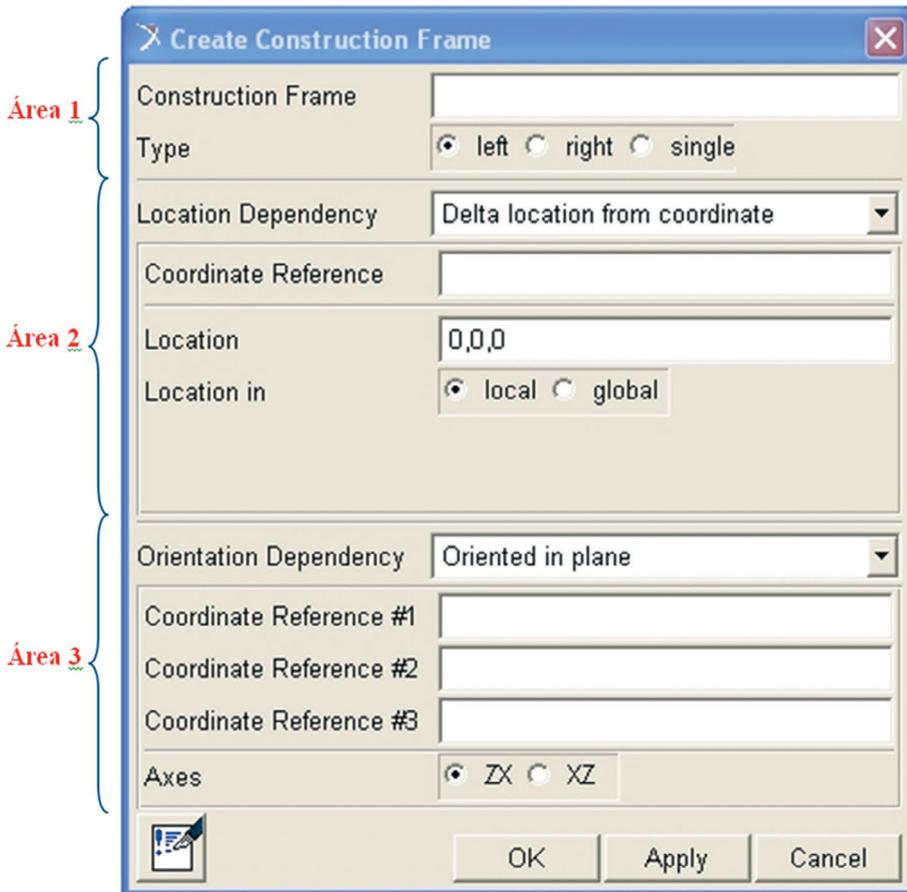


Figura 1.6 – Informações de tela para construção de um *Construction Frame* (cf).

1.2.5.1.1. Parametrização a partir de *Hardpoints*

Os *Hardpoint*, no ADAMS/Car, são entidades básicas que definem a posição dos elementos de construção de um protótipo virtual. Eles são parametrizáveis por suas coordenadas x , y e z . A Figura 1.7, a seguir, mostra a janela básica de construção de um *Hardpoint*.

Nesta figura, além da coordenada que dá a posição do elemento, escolhe-se o tipo se de esquerda (*left*), direita (*right*) ou *single* (indiferente à posição direita/esquerda). Nota-se que, quando se escolhe uma das duas posições, automaticamente o *Hardpoint* se cria em dualidade, ou seja, caso se selecione à esquerda espelha-se à direita e vice-versa.

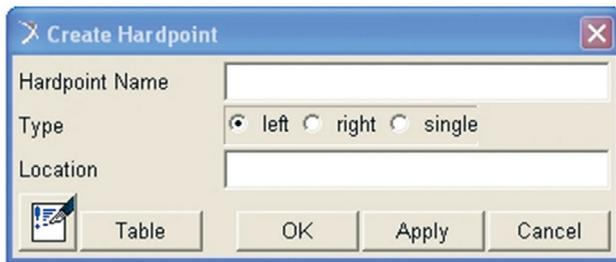


Figura 1.7 – Tela básica de criação de um *Hardpoint*.

1.2.5.1.2. Parametrização da posição relacionada à construção de um *Construction Frame*

a) *Delta Location from Coordinate*

Nessa opção, a posição será definida com relação a uma referência pré-definida (*Coordinate Reference*), conforme ilustra a Figura 1.8. Na aba *Location* o preenchimento pode ser feito com um sistema de coordenadas que pode ser local ou global.

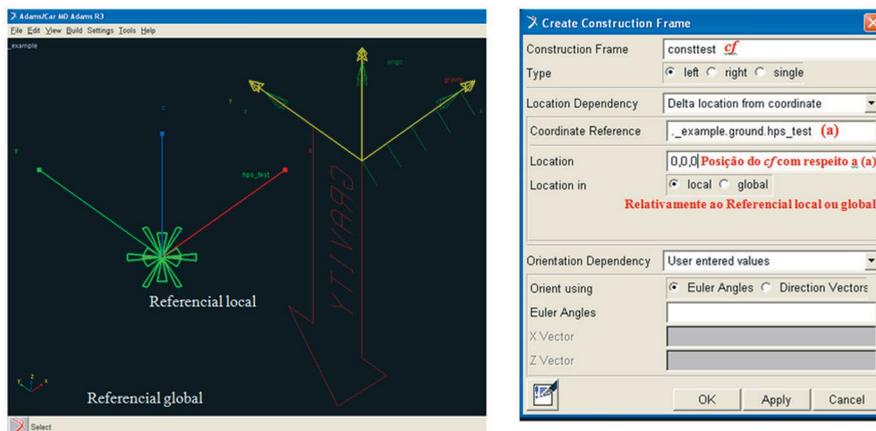


Figura 1.8 – Ilustração da tela referente à criação de um *Construction Frame* com a opção *Delta location from coordinate*.

b) *Centered between coordinates*

Selecionando essa opção um *cf* será inserido ao longo de uma linha imaginária que une duas coordenadas denominadas *Coordinate Reference* (#1 e #2), as quais serão definidas pelo projetista, conforme a Figura 1.9.

c) *Located along an axis*

A janela de criação do *cf* possui a seguinte aba *Location Dependency*, que deverá ser preenchida com *Located along an axis*. Neste modelo de criação, a posição do novo *cf* ficará condicionada a outro *cf* dito de referência, o qual possui um sistema de referência local.

A definição do novo *cf* terá sua posição estabelecida a uma determinada distância do eixo local selecionado pelo projetista.

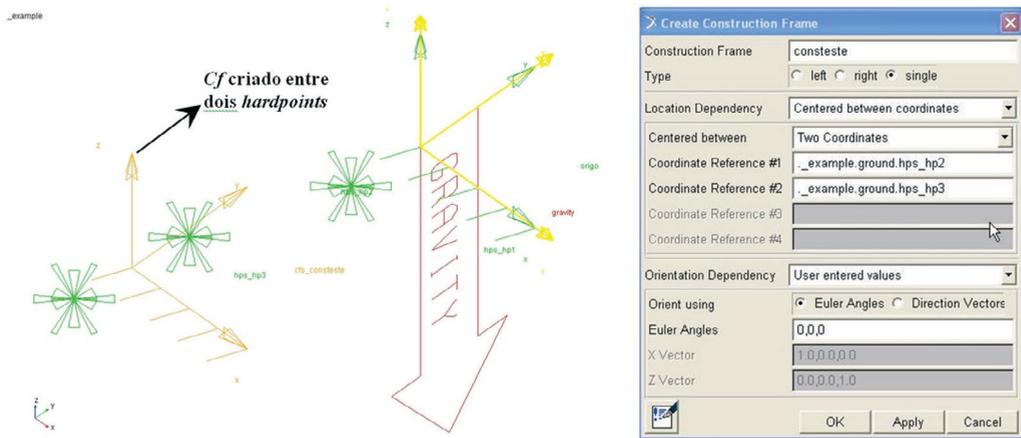


Figura 1.9 – Ilustração da tela referente à criação de um *Construction Frame* com a opção de parametrização de posição *Centered between coordinates*.

d) *Located on a line*

Nesta opção, o novo *cf* será posicionado sobre uma linha que será definida a partir de duas coordenadas fornecidas pelo projetista. Uma barra de rolagem permite que o projetista informe o quão próximo se quer que o novo *cf* se situe da primeira coordenada de referência (*Coordinate Reference #1*).

e) *Location input communicator*

O *cf* criado a partir dessa opção requer a definição de um *Input Communicator* (item 1.2.6). Recomenda-se o uso dessa opção, quando se deseja parametrizar um *cf* com relação a outro *Template*, ou seja, outro protótipo virtual. Cabe ressaltar que ao se montar o respectivo *Assembly*, os *cf* criados dessa forma se conectarão a *Output Communicator* de outro *Template*. Assim, a posição desse novo *cf* está condicionada à forma com que o *Communicator* foi criado.

1.2.5.1.3. Parametrização da orientação relacionada à construção de um *cf*

a) *Delta orientation from coordinate*

Nesta opção, o *cf* criado tem orientação condicionada a outro *cf* já existente. Assim, deve ser fornecida uma coordenada de orientação usando ângulos de Euler. Tomando como referência o *cf*, a operação oferece uma rotação com relação aos eixos de referência local x , y , z de um *cf*.

A notar: Os ângulos de Euler foram propostos por Leonard Euler visando descrever a orientação de um corpo rígido em um espaço 3D. Para alterar a orientação de um dado corpo rígido, este deve ser submetido a uma sequência de três rotações descritas pelos ângulos de Euler. Isto equivale a submeter um corpo rígido a uma transformação do tipo rotação simultânea nas três direções, ou independente, ou seja, em etapas. Essas rotações ocorrem em relação a x , y ou z .

b) *Parallel to axis*

Esta modalidade de parametrização de orientação permite que um dos eixos do *cf* de referência seja selecionado para ficar paralelo a um dos eixos do novo *cf* definido pelo projetista.

c) *Oriented in plane*

Esta opção solicita três coordenadas ao projetista (*Coordinate Reference #1, #2 e #3*), além da definição de um plano zx ou yz . Se a opção selecionada for zx o novo *cf* terá seu eixo z (referencial local) situado ao longo de uma reta imaginária formada pela união das duas primeiras coordenadas; enquanto seu eixo x estará orientado de modo que o plano zx (referencial local) deste *cf* esteja contido no plano formado pelas três coordenadas, conforme a Figura 1.10.

Caso a opção selecionada seja o plano yz o eixo y do novo *cf* estará sobre a reta formada pelas duas primeiras coordenadas, contudo, dessa vez, o plano yz formado pelo referencial local do *cf* estará contido no plano formado pelas três coordenadas.

d) *Oriented axis to point*

Esta opção permite que o projetista oriente um de duas opções de eixos do *cf* construído, da seguinte forma: define-se a coordenada para orientação, que no caso é um *Hardpoint*, e em seguida o eixo para orientação. No caso, pode ser o eixo z ou x do *cf*, conforme a Figura 1.11.

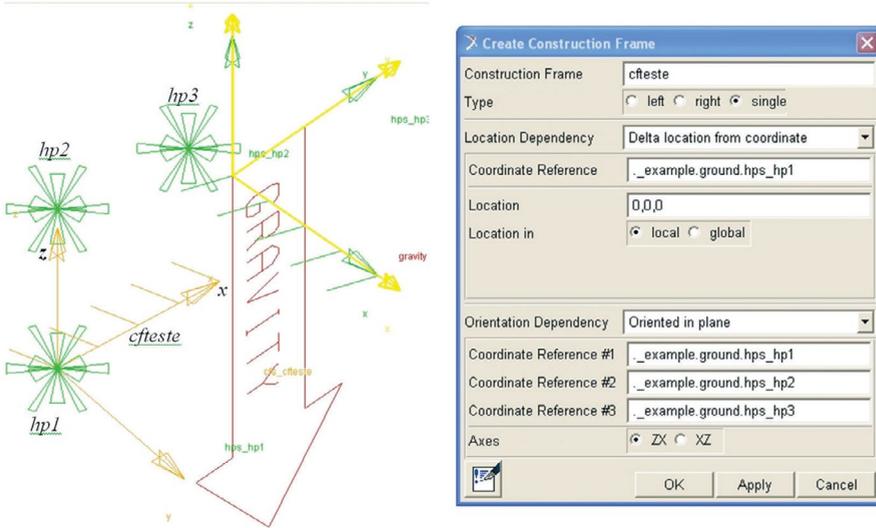


Figura 1.10 – Ilustração da tela referente à criação de um *Construction Frame* com a opção de parametrização de orientação *Oriented in plane*.

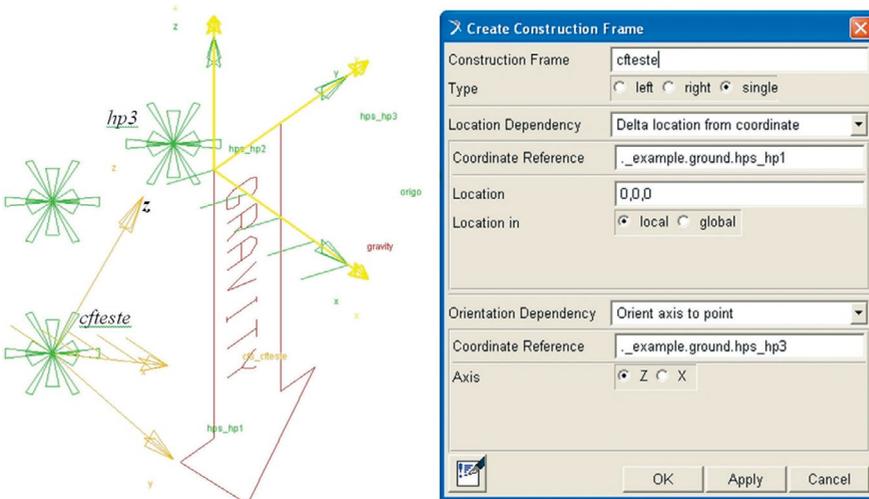


Figura 1.11 – Ilustração da tela referente à criação de um *Construction Frame* com a opção de parametrização de orientação *Orient axis to point*.

e) *Orient to zpoint-xpoint*

Neste caso, o projetista tem a possibilidade de orientar o eixo z do novo *cf* na direção da primeira coordenada fornecida, enquanto o eixo x orienta-se pela segunda coordenada.

A Figura 1.12 ilustra a tela dessa opção de parametrização de orientação e o resultado em uma janela auxiliar.

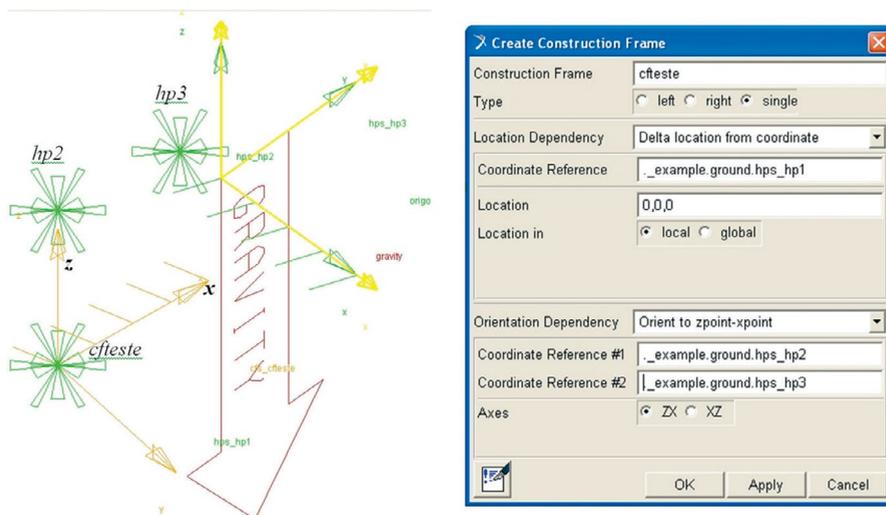


Figura 1.12 – Ilustração da tela referente à criação de um Construction Frame com a opção de parametrização de orientação *Orient to zpoint-xpoint*.

1.2.5.2. Construindo partes no ADAMS/Car

Ao começar a construção de um *Template*, o projetista deve decidir pelos elementos mais apropriados para a criação do protótipo virtual; isto inclui a geometria que irá representar uma parte, ou seja, sua topologia/forma.

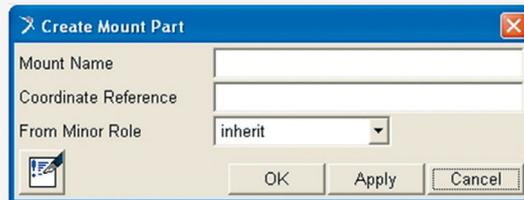
As entidades disponíveis no ADAMS/Car são: *Rigid Bodies*, *Geometry*, *Attachments*, *Springs*, *Dampers*, *Communicators*, *Bumpstops* e *Reboundstops*, além de, finalmente, os *Suspension Parameter Array* (parâmetros de uma suspensão). Os dois últimos serão oportunamente explicados no Capítulo 4.

1.2.5.2.1. Parts e Rigid bodies (corpos rígidos)

As partes ou *Parts* no ADAMS/Car são constituídas por *General Part*, *Flexible Bodies*, *Non Linear Beam*, *Mount* e *Switch*.

A notar: Os Mounts são definidos como partes sem massa que funcionam como uma espécie de pseudônimo para outras partes em Templates distintos. Seu uso se justifica como uma forma de substituir (clonar) uma parte real necessária para a criação de juntas (Joints), molas (Spring), contatos (Contacts) e outras. Normalmente, é fixado por default no solo (Ground).

Durante o processo de formação de um Assembly, os Mounts existentes em um dado Subsystem buscam seus correspondentes em outro Subsystem, que normalmente são os Output Communicator (item 1.2.5.3). Sua criação passa pela tela ilustrada a seguir.



As informações demandadas são o nome do Mount (Mount name), a coordenada de referência (Coordinate Reference), onde esse nome será inserido e, informações denominadas from Minor Role que podem ser do tipo inherit, any, front, rear e trailer. Esta última aba define a posição do Mount no assembly. Assim, se a opção any é selecionada na criação deste, no Assembly o ADAMS/Car poderá conectar este Mount em qualquer outro Subsystem ativo por meio da identificação de Communicator (item 1.2.5.3). A opção inherit permite que o Mount herde o Minor Role do Subsystem ao qual ele está se unindo. As opções front e rear são indicadas quando se quer estabelecer papéis (roles) específicos para os mounts que estão sendo criados.

Um corpo rígido no ADAMS/Car não sofre deformações; possui propriedades de massa, inércia, posição inicial definida pelo projetista, orientação e é chamado *General Part*.

É criado por um usuário *expert* no ambiente *Template Builder*, assim, no menu principal, deve-se selecionar a opção *Build* → *Parts* → *General Part* → *New*. Nessa operação, a tela que será exibida encontra-se na Figura 1.13.

Repare que a tela pode ser dividida em quatro áreas. A primeira identifica o *General Part* e dá ao projetista a possibilidade de escolhê-lo como *left*, *right* ou *single*. Os dois primeiros, quando escolhidos, geram entes simétricos, assim, uma vez que se cria um *General Part* à esquerda, automaticamente o da direita é criado e vice-versa; já o terceiro cria uma *General Part* sem simetria, portanto único na coordenada especificada.

A segunda e a terceira áreas seguem o padrão explicado em 1.2.5.1.1 e 1.2.5.1.2, respectivamente, só que ligado à construção de uma *General Part*. A

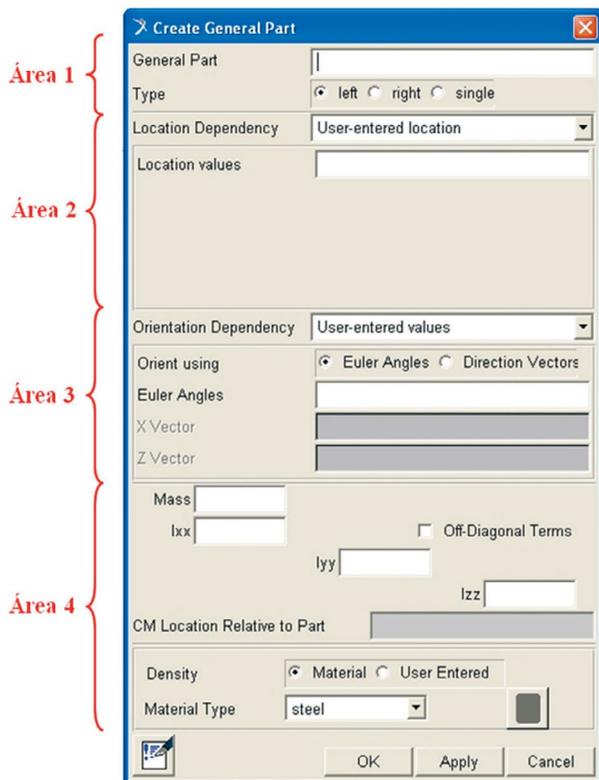


Figura 1.13 – Tela de exibição referente à criação de uma *general part*.

quarta área permite ao projetista definir massa, inércia, densidade do material e tipo do material.

1.2.5.2.2. Geometry (geometria)

Uma geometria criada no ADAMS/Car permite a definição de comprimento, raio, largura e espessura tendo como função, apenas, realçar a visualização de uma parte. Na verdade, ela não é necessária para que se faça uma simulação, a parte sim é essencial nesse processo.

As geometrias disponíveis no ADAMS/Car são *Arm*, *Link*, *Cylinder*, *Ellipsoid* e *Outline*. O menu de acesso a essa opção é *Build* → *Geometry* → uma das opções desejadas. Lembrando que esse menu só é acessível no ambiente *Template Builder*.

Na construção de um *Arm*, *Link* e um *Outline* pede-se o *General Part* associado, já para o *Cylinder* solicita-se o *General Part* e o *Construction Frame* associados. Para o *Ellipsoid*, apenas uma coordenada de referência.

1.2.5.2.3. Attachments – Joints and Bushings (juntas e buchas)

Estes elementos são aplicados ao modelo virtual a fim de estabelecer como uma parte reage/interage com relação à outra. O acesso se dá pelo menu principal do ambiente *Template Builder*, ou seja, *Build* → *Attachments* → *Joint* ou *Bushing*.

Ao criar uma junta, pedem-se os pontos de fixação entre as partes que interagirão; o tipo (*Type*), se a junta será criada à direita (*right*), à esquerda (*left*) ou de forma não simétrica (*single*); o tipo de junta (*Joint Type*); a aba *Active*, na qual se podem selecionar as opções *always* ou *kinematic mode*, além das áreas de posição e orientação similares ao indicado nos itens 1.2.5.1.2 e 1.2.5.1.3.

A aba *Joint Type* permite a escolha da junta de acordo com a natureza da mobilidade que se quer proporcionar ao modelo virtual. Os tipos disponíveis no

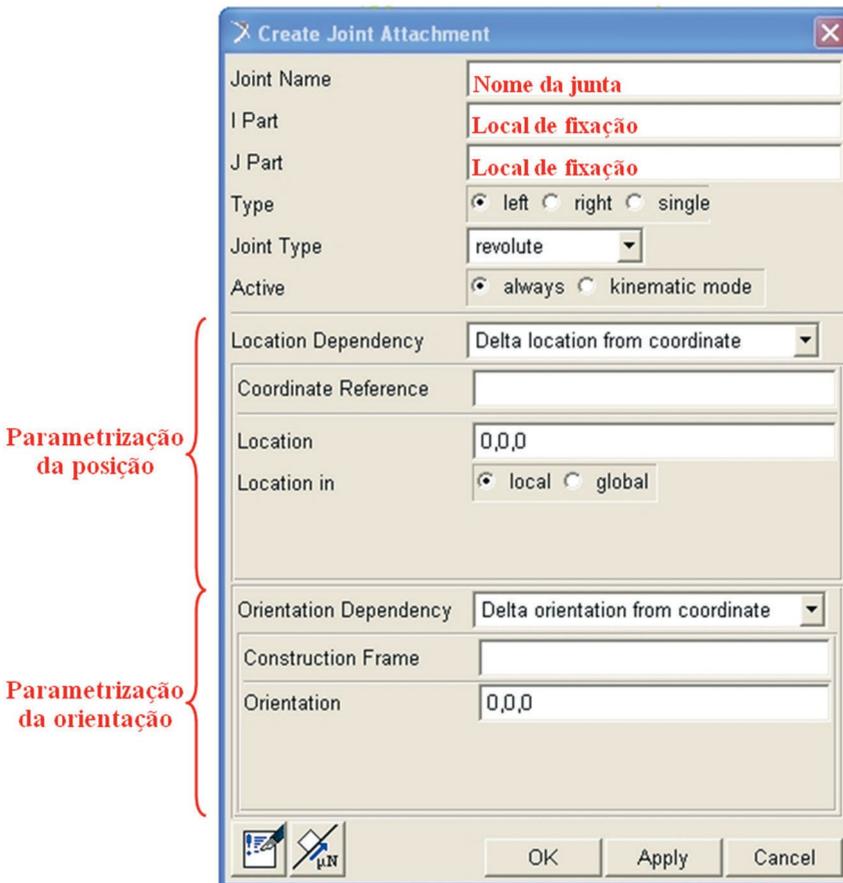


Figura 1.14 – Tela ilustrativa sobre a inserção de juntas.

ADAMS/Car, levando em consideração o número e a natureza de graus de liberdade (gl), são mostrados na Tabela 1.1.

A aba *Active* oferece duas opções de funcionamento. Quando se opta pela opção *kinematic mode*, a interferência da junta no modelo se restringe à análise cinemática; enquanto, a opção *always* terá efeito nas análises cinemática e dinâmica.

A tela de inserção de uma bucha no ADAMS/Car está ilustrada na Figura 1.15. As áreas de posição e orientação permanecem as mesmas mostradas na Figura 1.14. Para sua inserção, pedem-se os pontos de fixação entre as partes que interagirão; o tipo (*Type*), se a bucha for criada à direita (*right*), à esquerda (*left*) ou de forma não simétrica (*single*); a aba *inactive* onde se podem selecionar as opções *never* ou *kinematic mode*, além das abas que definem características de carregamento e geometria.

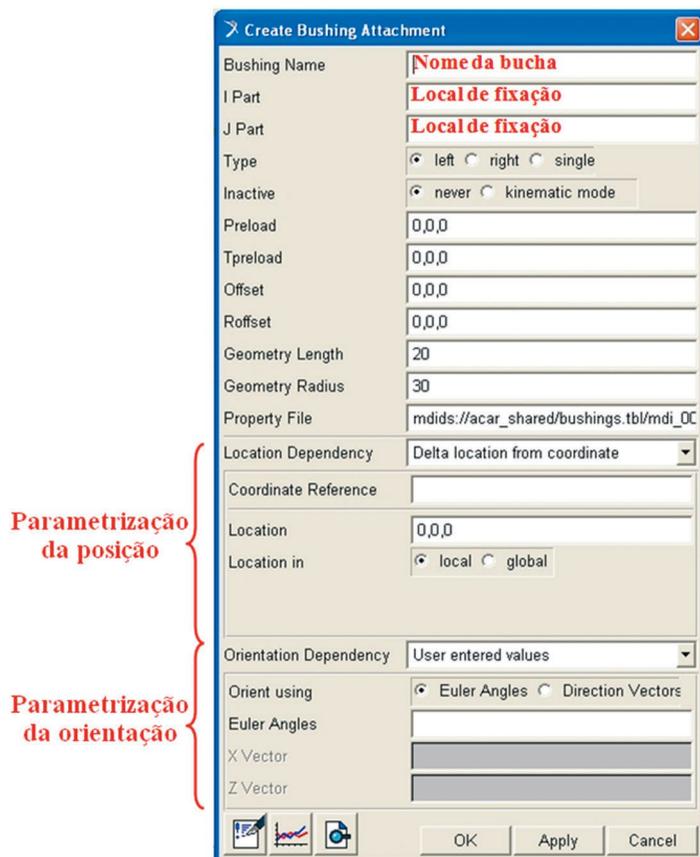


Figura 1.15 – Tela ilustrativa sobre a inserção de buchas.

Na construção de um protótipo virtual, o projetista pode prever, entre duas partes selecionadas, juntas e buchas, no mesmo ponto de conexão. Assim, ambas poderão funcionar, bastando selecionar, coerentemente, as opções disponíveis nos campos *active* para juntas e *inactive* para buchas. Em geral, a alternância de funcionamento depende de ativar-se uma, enquanto a outra se encontra inativa. Assim, pode-se simular cinematicamente e dinamicamente o mesmo modelo. Entretanto, reforça-se que a troca entre junta-bucha em um mesmo modelo só ocorre, se a junta e a bucha foram definidas: ativa e inativa, respectivamente, quando são inseridas no mesmo ponto do modelo.

Normalmente, as juntas são úteis na avaliação do comportamento cinemático do modelo virtual, tornando-se inativas nas análises dinâmicas na presença de buchas. A seguir são mostrados os efeitos das modelagens de buchas e juntas inseridas ou não em um mesmo local do modelo.

Junta	Bucha	Efeito
<i>Active → Kinematic model</i>	<i>Inactive → Kinematic model</i>	<i>Uma junta e uma bucha configuradas desta forma entre duas partes indicam ao ADAMS/Car, que durante a análise cinemática a bucha estará inativa e a junta ativada. Enquanto em uma análise dinâmica o ADAMS/Car deverá substituir a junta pela bucha.</i>
<i>Active → always</i>		<i>Esta configuração define que a junta criada estará sempre ativa nas análises cinemática e dinâmica.</i>
	<i>Inactive → never</i>	<i>Esta configuração define que a bucha criada estará sempre ativa nas análises cinemática e dinâmica.</i>

Tabela 1.1 – Opções de juntas disponíveis no ADAMS/Car

Tipo de junta	Número de gl's disponíveis	Movimento entre as partes
<i>Translational</i>	Um	Movimento de translação de uma parte em relação à outra. Os eixos das partes se mantêm paralelos.
<i>Revolute</i>	Um	Rotação de uma parte em relação à outra ao longo de um eixo comum
<i>Cylindrical</i>	Dois	Translação e rotação de uma parte em relação à outra
<i>Spherical</i>	Três	Três rotações possíveis tendo seccionados pontos coincidentes em cada uma das partes
<i>Planar</i>	Três	O plano $x-y$ de uma parte desliza em relação à outra nas três direções
<i>Fixed</i>	Zero	Sem movimento
<i>Inline</i>	Quatro	Uma translação e três movimentos de rotação de uma parte em relação à outra
<i>Inplane</i>	Cinco	Duas translações e três rotações de uma parte em relação à outra
<i>Orientation</i>	Três	Bloqueia a posição de uma parte em relação à outra deixando os graus de liberdade, referentes à translação, livres
<i>Parallel_axes</i>	Quatro	Permite as três translações e uma rotação de uma parte em relação à outra
<i>Perpendicular</i>	Cinco	Três translações e duas rotações
<i>Convel</i>	Dois	Duas rotações de uma parte em relação à outra, tendo pontos coincidentes nas duas partes, e, ainda, mantendo constante a velocidade
<i>Hooke</i>	Dois	Duas rotações de uma parte em relação à outra, tendo pontos coincidentes em partes distintas

1.2.5.2.4. Springs and Damper (molas e amortecedores)

A tela de criação de uma mola é a mostrada na Figura 1.16. Nela, pede-se o nome a ser atribuído à mola; as partes I e J nas quais a mola irá agir/fixar; as coordenadas I e J que localizam pontos nas partes I e J. Esses pontos podem ser *Hardpoint* ou *Construction Frame*.

A aba Método de Instalação, Figura 1.16, discrimina três possibilidades *Preload*, *Installed Length* e *Use Hardpoint*. A primeira, que dá ao projetista a possibilidade de entrar o carregamento inicial a ser aplicado nas coordenadas dos pontos I e J, pode representar, por exemplo, o peso do veículo em cada uma das rodas. A segunda permite apenas que se considerem as coordenadas dos pontos I e J para o posicionamento da mola e, finalmente, a terceira possibilita a entrada do comprimento da mola, que é igual à distância entre as coordenadas dos pontos I e J.

Características geométricas da mola também podem ser definidas como o diâmetro da mola e o número de espiras (*spring diameter* e *number of coils*). Cabe ressaltar que a inserção de molas e amortecedores no ADAMS/Car equivale à definição de uma força. No ambiente *Template Builder*, escolha, no menu principal, *Build* → *Force* → *Spring*.

A aba *Property File* busca as propriedades da mola, segundo o que está disponível na biblioteca ADAMS/Car. A Figura 1.17 ilustra um arquivo com dados

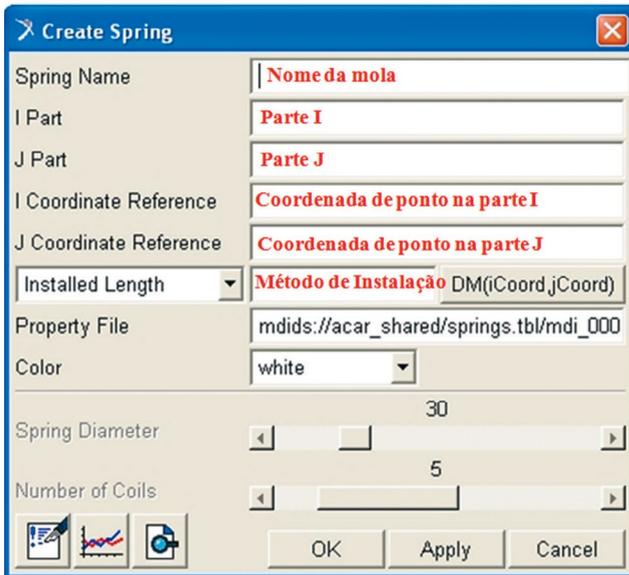


Figura 1.16 – Tela ilustrativa sobre a inserção de molas.

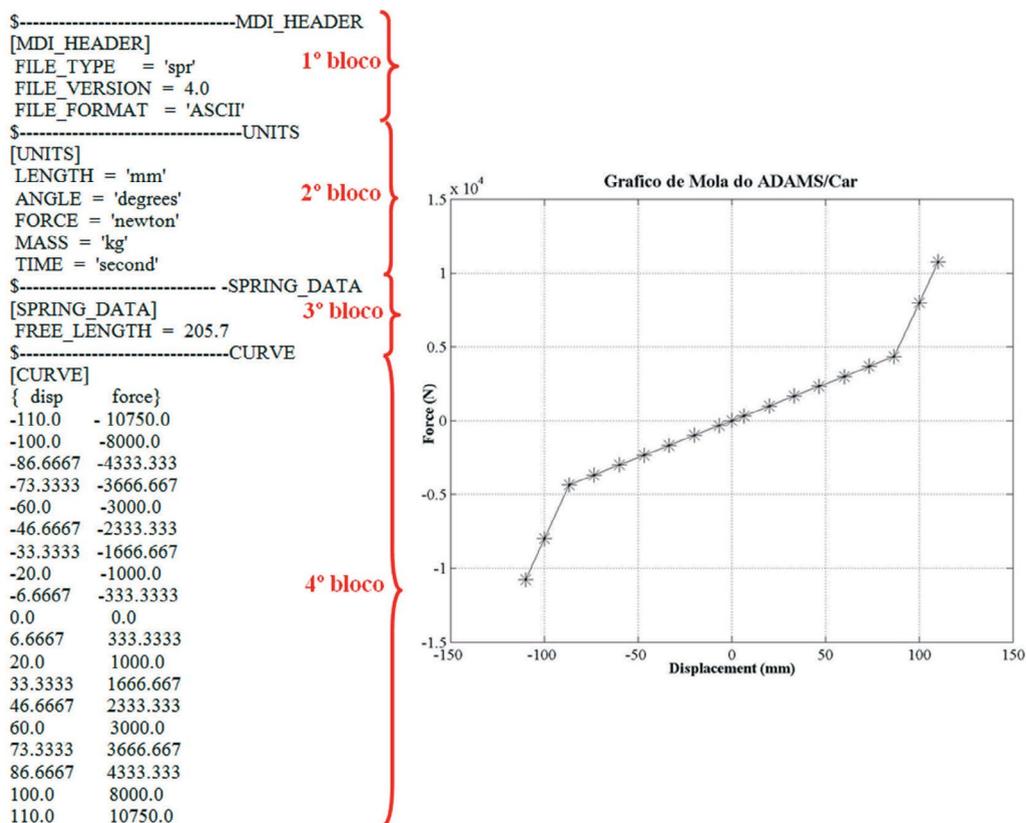


Figura 1.17 – Arquivo das características de mola no ADAMS/Car e seu gráfico.

de uma mola. O primeiro bloco fornece informações sobre o tipo do “rótulo” considerado. O segundo bloco indica as unidades aplicáveis. O terceiro, o comprimento livre entre a 1ª e a última espira da mola, sem levar em conta as extremidades da mola. No quarto bloco, constam os dados de deslocamento e força, da referida mola, ilustrados no gráfico ao lado.

Para a inserção de um amortecedor no ADAMS/Car a tela se assemelha a da mola, obviamente o *Property File* irá buscar, na biblioteca, informações relativas a esse elemento. No ambiente *Template Builder*, escolha no menu principal *Build* → *Force* → *Damper*.

1.2.5.3. Communicators no ADAMS/Car

Essas variáveis são responsáveis pela troca de informações entre os diferentes subsistemas que compõem um *Assembly*, como também entre o *Test Rig*

(item 1.2.3). Um *Communicator* pode receber um objeto; uma parte, no caso um *Mount* (item 1.2.5.2.1); uma variável; uma junta; coordenadas de posição ou até mesmo uma mola.

Ao construir um *Assembly*, normalmente, requerem-se informações em duas vias. Neste sentido, os *Communicators* classificam-se em *Input* e *Output*. O *Communicator Input* solicita informações a outros subsistemas e ao *Test Rig*, por exemplo, enquanto o *Communicator Output* fornece informações para outros subsistemas e *Test Rig*.

As principais classes de *Communicators* são: *Mount*; *Marker*; Juntas; Buchas; ou seja, tudo o que é capaz de transferir informação. Um *Communicator* possui um *Minor Role* que abrange as seguintes opções *front*, *rear*, *trailer*, *inherit* e *any*; as funções são semelhantes ao mostrado em 1.2.5.2.1.

Para se criar um *Communicator*, o projetista deverá estar no ambiente *Template Builder* ir ao menu principal opção *Build Communicator* → *Output* ou *Input*. As telas de criação de um *communicator* são mostradas na Figura 1.18.

A aba *Entity* permite a escolha de diversos elementos que poderão receber este *Communicator*, a fim de viabilizar a construção do *Assembly*. Repare que na tela de criação de um *Input communicator* a aba *Minor Role* utiliza a preposição *From*, enquanto a de um *Output* ‘*To*’. Tais definições devem coincidir com o da entidade (*Entity*), que receberá o *Communicator*. A tela de um *Output Communicator* ainda requer os nomes de um *Construction Frame* e de uma *Part*.

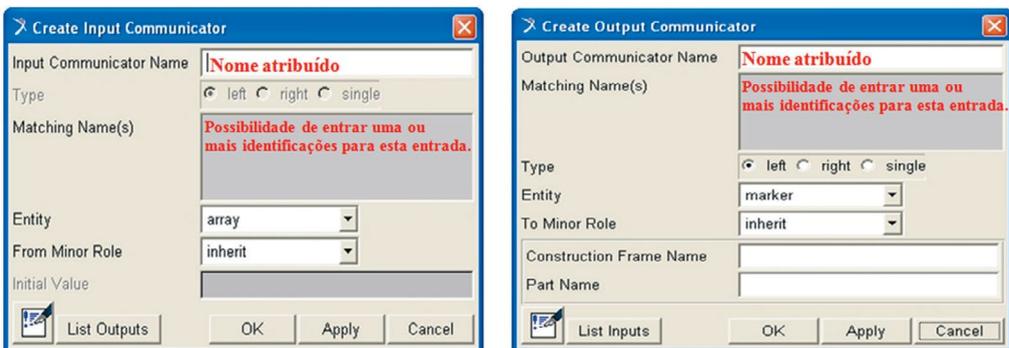


Figura 1.18 – Telas de criação de communicators no ADAMS/Car

1.2.6. Nomenclatura de Elementos Construtivos segundo o ADAMS/Car

A convenção dos nomes dos elementos construtivos no ADAMS/Car segue uma nomenclatura própria. Normalmente, a convenção aparece por blocos de le-

tras separados por *underline*. No primeiro bloco, as duas primeiras letras de uma sequência de três se referem ao tipo de elemento e a última a posição com relação a um referencial, ou seja, *r* (*right* – direita); *l* (*left* – esquerda) e *s* (*single* – elemento sem simetria).

Ainda com relação ao primeiro bloco de letras, as duas primeiras identificam o tipo de elemento construído. Assim, no menu principal do ADAMS/Car na aba *Build*, exclusiva do usuário *expert*, encontram-se os elementos que podem ser criados no ambiente. A Tabela 1.2, a seguir, ilustra alguns exemplos.

Tabela 1.2 – Exemplos de nomenclatura de elementos no ADAMS/Car

Nomenclatura ADAMS/Car	Significado do primeiro bloco de letras
gel_arm	General_Part_Left_
hps_lcs_front	Hard_Point_Single_ ...
bkl_mount	Bushing_Kinematic_Left_ ...
nsr_main_spring	Non-linear_Spring_Right_ ...
pvs_toe_angle	ParameterVariable_Visible_Single_ ...

1.2.7. Acessando o *Help* do ADAMS/Car

O acesso ao *Help* do ADAMS/Car é geral, cabendo ao usuário a seleção daquilo sobre o que se deseja informação. Há três formas de acessá-lo pelo menu principal do módulo, e nesse caso, é indiferente se o usuário é padrão ou *expert*; pelo diretório em que o *Help* se encontra instalado, consultando-se assim, os arquivos **.pdf* disponíveis e, por último, pressionando a tecla F1, com o cursor sobre o que se tem dúvida.

Esta última forma de acesso ao *Help* é bastante útil, uma vez que, durante o processo de construção do protótipo, o usuário pode sanar dúvidas de preenchimento de abas, por exemplo, de maneira direta e eficaz.

Alguns links são disponibilizados em sites da própria MSC ADAMS, veja:

<http://support.adams.com/kb>

http://www.adams.com/mdi/news/dyndim/vol3_kbtour.htm

<http://support.adams.com/support/cnsltsrv.html>

<http://support.adams.com/support/suppcent.html>
http://support.adams.com/support/sla_agree.htm

1.2.8. Funcionalidades do ADAMS/Car

O ADAMS/Car permite o uso de algumas teclas facilitadoras, as quais são mostradas na Tabela 1.3 que se segue.

Tabela 1.3 – Descrição das teclas de função disponíveis no ADAMS/Car

Teclas	Função da tecla
F1	Aciona o <i>Help</i> do software
F3	Abre uma janela de comando que pode ser editada
F4	Abre uma janela de coordenadas x,y,z que fornece informações sobre qualquer ponto da tela
F8	Abre a janela do ADAMS/PostProcessor tanto para o usuário padrão quanto para o <i>expert</i>
F9	Permite alternância entre os ambientes <i>Template Builder</i> e <i>Standard Interface</i> – possível apenas para o usuário <i>expert</i>
Ctrl+Z	<i>Undo</i> (desfaz um comando dado)
Ctrl+Shift+Z	<i>Redo</i> (refaz um comando anulado)
Ctrl+X	<i>Delete</i> (apaga um elemento selecionado)
Ctrl+D	<i>Deselect all</i> (deseleciona algo selecionado para uma operação)
Esc	Anula a realização de um comando

Algumas funcionalidades encontram-se no próprio mouse, Figura 1.19. Por exemplo, ao apertar o botão direito do mouse sobre a tela do ADAMS/Car, desde que não seja sobre entidades do projeto que se está desenvolvendo, uma série de funções se tornam disponíveis, são elas: vistas do desenho (planas e isométricas); movimentação do desenho por translação ou rotação; visualização por *Zoom*, ajuste dinâmico do desenho em tela pelo *fit*; alteração da aparência de apresentação do desenho por meio de *Wireframe*, *Shaded* e opção de omissão de partes do

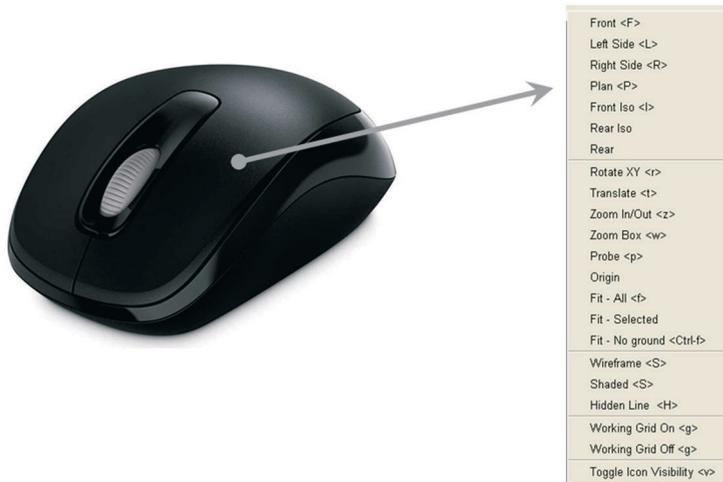


Figura 1.19 – Funcionalidades do botão direito do mouse no ADAMS/Car.

Fonte: <http://www.intersolucao.com.br/p/mouse-wireless-microsoft-mobile-1000-reto.html>. Acesso: 22/04/2013

desenho; geração ou não de *grid* e a opção de apresentar ou não a nomenclatura dos elementos construídos (*Toogle Icon Visibility*).

O usuário do ADAMS/Car pode acessar opções do tipo *Pick*, *Browse*, *Guesses* etc. ao pressionar o botão direito do mouse sobre campos a serem preenchidos nas caixas de diálogo do módulo. Essas opções fornecem ao usuário, às vezes, atalhos para construção do modelo. Oportunamente, essa funcionalidade será mostrada ao longo do desenvolvimento dos tutoriais.

1.3. Considerações gerais sobre o Módulo ADAMS/View

O módulo ADAMS/View destina-se ao desenvolvimento, além de estudos estático, cinemático e dinâmico de modelos virtuais mecânicos, além de possibilitar o refinamento destes, a partir de resultados de simulações do comportamento, obtidos por meio do ADAMS/Solver ou ADAMS/Postprocessor (item 1.4). A escolha entre os dois ambientes depende do nível de processamento de dados que se deseja, assim, para análise e visualização mais avançadas é recomendado o ADAMS/Postprocessor.

Dessa forma, o presente tópico tem por objetivo apresentar ao leitor, de forma sucinta, o ambiente do módulo ADAMS/View. Para tanto, os itens que se seguem irão apresentar o acesso e a *interface* do software; o processo de construção de *Parts* no ADAMS/View, a criação de corpos rígidos envolvendo geometrias de

construção e sólidos; a inserção de restrições; hierarquia na atribuição de nomes; como salvar modelos virtuais e as principais funcionalidades do ambiente.

1.3.1. O acesso a *interface* principal do ADAMS/View

A inicialização do módulo pode ser feita de duas maneiras. A primeira, pela área de trabalho (*Desktop*), onde um duplo clique com o botão esquerdo do mouse sobre o ícone ativa o módulo. A segunda seria pelo menu Iniciar do *Windows* por meio do caminho “Todos os programas” → MSC.Software → MD Adams R3 → AView →  Adams - View.

Acionado o programa, a tela principal de abertura traz a área de trabalho, na qual se desenvolvem os modelos virtuais e, também, uma tela auxiliar, conforme ilustra a Figura 1.20.

Na primeira linha da tela se lê a seguinte questão *How would you like to proceed?* e, em seguida, dá ao usuário quatro alternativas: criar um novo modelo (*Create a new model*); abrir um modelo existente (*Open an existing database*); importar um arquivo (*Import a file*) ou sair do módulo (*Exit*).

A aba *Start in* dá ao usuário a possibilidade de especificar o diretório de trabalho. Assim todos os arquivos gerados na sessão serão armazenados neste local. Cabe ressaltar que ao escolher a opção “abrir um modelo existente”, esta aba servirá para especificar o diretório no qual o modelo será encontrado. A aba *Model name* requer o nome do modelo.

A aba *Gravity* permite ao usuário selecionar a forma como a aceleração da gravidade será considerada. A última aba permite a seleção do sistema de unidades que pode ser escolhido entre: MMKS (comprimento: mm, massa: kg, força: N), MKS (comprimento: m, massa: kg, força: N), CGS (comprimento: cm, massa: g, força: Dina) e IPS (comprimento: polegada, massa: *slug*, força: *poundForce*), além de outros sistemas de unidade disponíveis no software.

A *interface* final do ADAMS/View, após a configuração inicial mostrada na Figura 1.20, é a ilustrada na Figura 1.21.

No item 1.3.1.1, serão mostrados como a alterar os efeitos de cada uma das opções disponíveis para a aba *Gravity*, bem como a forma que o usuário deverá proceder para selecionar novas opções de unidade.

1.3.1.1. Alterando a opção *Gravity* e *Units*

Dentre as opções de alteração da aceleração da gravidade, três possibilidades se apresentam: *Earth Normal*, *No Gravity* e *Other*. A primeira seleciona a gravi-

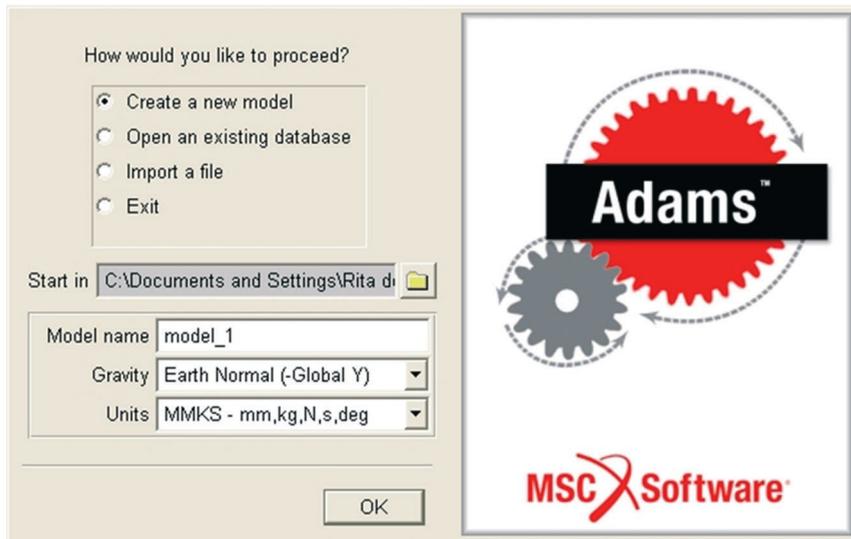


Figura 1.20 – Tela de configuração inicial do ADAMS/View.

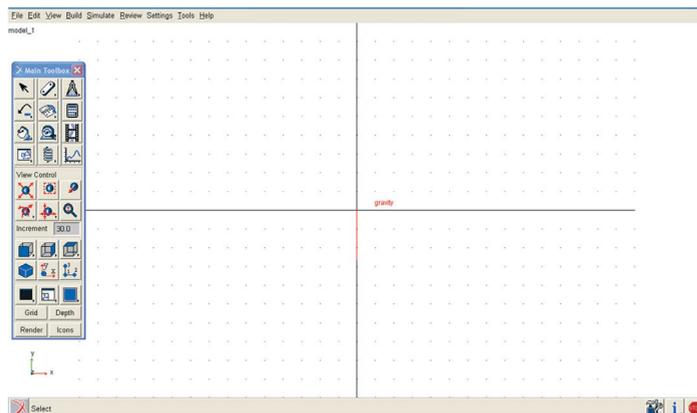


Figura 1.21 – Tela principal de apresentação do ADAMS/View.

dade como sendo igual a 1G e direcionada para baixo. A segunda desativa a força gravitacional que atuará sobre o modelo.

A terceira, por sua vez, permite que o usuário escolha o valor de aceleração que deseja. Nesse momento, ao clicar OK na tela mostrada na Figura 1.20, uma tela auxiliar se abre, conforme Figura 1.22 e, o usuário poderá preenchê-la com o valor desejado, além de escolher o eixo em que essa figura irá atuar. O sistema de coordenadas disponível se refere ao sistema de referência global, e o vetor que

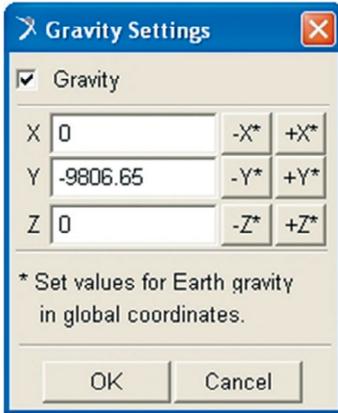


Figura 1.22 – Tela de alteração da orientação e valor da aceleração da gravidade.

representa a força gravitacional poderá estar no sentido positivo ou negativo de cada um dos eixos.

Outra maneira possível de se alterar esse valor é a partir do menu principal do ambiente de trabalho. Seleciona-se a opção *Settings* → *Gravity* e a tela que aparecerá será a mesma da Figura 1.22.

Para selecionar uma unidade de medida diferente das disponíveis na tela mostrada na Figura 1.20, o usuário deverá escolher, no menu principal, a opção *Settings* → *Units*, conforme a Figura 1.23.

Ao ativar a opção do sistema de medidas, que se encontra na parte inferior da janela mostrada na Figura 1.23, nos campos logo acima aparecem as unidades padrão para cada uma das grandezas. Clicando sobre a seta lateral em cada campo, várias opções se apresentam para cada uma delas, então, cabe ao usuário selecionar o que deseja.



Figura 1.23 – Tela de alteração da unidade a ser adotada no modelo.

1.3.1.2. Menu *Main Toolbox*

No canto esquerdo da tela principal do ADAMS/View encontra-se disponível o *Main Toolbox*, Figura 1.21. Nessa área, o usuário irá encontrar as principais opções de criação, edição, seleção e simulação que, normalmente, são utilizadas no módulo para o desenvolvimento de protótipos virtuais.

Essa área será dividida em quatro grupos, conforme mostra a Tabela 1.4, que apresentará, de forma sucinta, as opções disponíveis. Cabe ressaltar que, como no módulo ADAMS/Car, a tecla F1 permite ao usuário obter mais informações sobre funcionalidades do ambiente.

Alguns dos ícones deste menu trazem uma pequena seta na parte inferior à direita. Para ser acionada, o usuário deve clicar com o botão direito do mouse sobre o ícone, o que dará acesso a novas opções. O usuário irá perceber que, ao passar a seta do mouse sobre cada opção, aciona-se uma identificação automática.

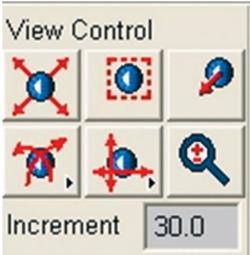
1.3.2. Construindo *Parts* no ADAMS/View

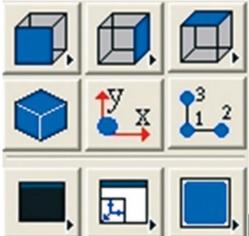
Nesse módulo, é possível identificar três tipos de partes (*Parts*): corpos rígidos (*Rigid Bodies*); corpos flexíveis (*Flexible Bodies*) e pontos de massa (*Point Masses*). Os corpos rígidos são partes que possuem massa e inércia, enquanto os corpos flexíveis, além de possuírem massa e inércia, podem se deformar sob a ação de um sistema de forças externo aplicado. Os pontos de massa são partes que possuem apenas massa. Este Guia abordará apenas, aspectos básicos de criação de corpos rígidos.

A notar: Corpos rígidos, de acordo com a Mecânica, são constituídos por número infinito de partículas, ou pontos materiais, que não possuem movimento relativo uma em relação à outra, portanto não se deformam. Contudo, os corpos rígidos podem movimentar-se uns em relação aos outros, o que permite o estudo da Cinemática dos Corpos Rígidos, na qual deslocamentos, velocidade e aceleração podem ser determinados.

Forças externas, assim como as internas, são reconhecidas como forças de interação. Forças de interação externas se estabelecem pelo contato físico direto entre corpos rígidos, normalmente forças de superfície são dadas em unidade de força por unidade de área.

Tabela 1.4 – Descrição dos ícones do menu Main Toolbox

Subdivisão da tela	Funções
	<p style="text-align: center;">1º Grupo</p> <p> Este ícone, quando acionado, mostra ícones auxiliares que permitem a inserção de geometrias sólidas (<i>solid geometry</i>); elementos de construção geométrica (<i>construction geometry</i>), ambas relacionadas à construção de corpos rígidos (item 1.3.2.1; elementos booleanos (<i>Booleans</i>) e ferramentas de alteração de forma de corpos rígidos.</p> <p> Este ícone possibilita o usuário escolher as juntas que serão responsáveis por garantir movimentos relativos entre partes, inclusive ground part. Este assunto será mais bem abordado no item 1.3.3.</p> <p> Este ícone denomina-se Interactive Simulation Controls e será abordado no item 1.3.4.</p> <p> Ícone referente à opção Plotting que remete o usuário ao ADAMS/PostProcessor MD ADAMS R3, módulo que será tratado no item 1.4.</p>
	<p style="text-align: center;">2º Grupo</p> <p>Este grupo de ícones permite o controle de visualização da área de trabalho do módulo ADAMS/View. Na primeira linha, da esquerda para a direita, o primeiro ícone permite uma visualização ajustável a uma área ativa. O segundo, uma visualização dinâmica dentro de uma janela especificada pelo usuário. O terceiro, um controle de visualização centralizado em um ponto especificado. Na segunda linha, o primeiro ícone, da esquerda para a direita, dá ao usuário a possibilidade de realizar uma rotação dinâmica 3D, expandindo o menu; a outra opção permite apenas rotação no plano de visualização. O segundo ícone permite a translação dinâmica (mantendo ativo o botão esquerdo do mouse), enquanto o último ícone permite o zoom.</p>

Subdivisão da tela	Funções
	<p style="text-align: center;">3° Grupo</p> <p>A primeira linha deste grupo de ícones permite visualizar as vistas frontal/posterior; lateral direita/esquerda e superior/inferior, respectivamente.</p> <p>Na segunda linha, o primeiro ícone permite uma vista isométrica; o segundo estabelece que o plano a ser visualizado pelo usuário será coincidente com o plano 'xy' de um determinado objeto selecionado. O último ícone permite que o usuário escolha três pontos para formação de um plano de visualização.</p> <p>Na última linha deste grupo, o primeiro ícone permite a escolha da cor do fundo da tela. O segundo pode ser expandido apertando-se o botão direito do mouse sobre a seta do ícone. Os ícones auxiliares permitem: a visualização ou não do sistema de coordenadas globais do ambiente; a abertura de uma janela auxiliar para leitura das coordenadas na tela percorridas pelo mouse e uma janela ativa para rotação da área de trabalho no plano de visualização. O terceiro ícone permite a partição da tela em subtelas de acordo com a escolha do usuário.</p>
	<p style="text-align: center;">4° Grupo</p> <p>Este grupo permite o acionamento do Grid (gradeamento da área de trabalho), Depth, Renderização (mostra a geometria sólida) e ativação/desativação de Icons.</p>

Há uma peculiaridade no ADAMS/View que é a criação automática de uma parte, denominada *ground part*, no momento em que o usuário cria um modelo virtual. Essa parte não possui massa nem inércia e está sempre em repouso não havendo possibilidade de *atribuir características cinemáticas a ela*.

A notar: O ground part define o referencial global ou sistema de coordenadas global da interface de trabalho, sendo que é a partir dele que os modelos virtuais são criados e são posicionados. O estudo cinemático de um modelo terá como referencial inercial o ground part por default. Normalmente, o que se faz é criar referenciais inerciais auxiliares, mas a atribuição de referencial inercial principal dada ao ground part não pode ser alterada pelo usuário.

Ao criar novas partes no ADAMS/View, há sempre um sistema de coordenadas local criado automaticamente, que permite definir seu posicionamento relativamente ao referencial global. Quando se trata de um corpo rígido, normalmente o referencial local se localizará no seu centro de gravidade e durante a avaliação da cinemática desse corpo rígido todas as características serão obtidas a partir desse referencial.

Para cada parte criada no ADAMS/View, atribuem-se, automaticamente, valores de massa e inércia a partir da densidade e do volume da parte criada. Assim, para alterar ou visualizar características da geometria das massas, com o botão direito do mouse, clique sobre a parte e, em seguida, aparecerá a tela mostrada na Figura 1.24a. Selecione a opção *Modify* e a tela que se apresentará é a mostrada na Figura 1.24b.

Na Figura 1.24b, ao acionar a barra de rolagem da aba *Category* várias opções são mostradas: nome e posição (*Name and Position*), propriedades de massa (*Mass Properties*), condições de posição inicial (*Position Initial Conditions*), condições de velocidade inicial (*Velocity Initial Conditions*) e *ground part*. Cada uma destas opções, quando acionada, atualiza a tela mostrada na Figura 1.24a, de acordo com as informações necessárias, a serem fornecidas pelo usuário.

Com respeito à tela *Modify Body* (Figura 1.24 b), uma das abas a ser preenchida é *Define Mass By*, que apresenta as seguintes opções: entrada de dados por meio do usuário (*User Input*), geometria e densidade (*Geometry and Density*), geometria e tipo de material (*Geometry and Material Type*).

Na primeira opção, o usuário irá fornecer manualmente valores de massa, momento de inércia em torno dos eixos x , y e z , além de preencher as opções *Center of Mass Marker* e *Inertia Reference Marker*. Nestes campos, com o botão direito do mouse, o usuário poderá escolher o *Marker* que está associado ao centro de massa e ao referencial inercial.

A notar: Define-se momento de inércia de área como sendo a integral do produto de um elemento de área, dA , e o quadrado da distância desse elemento de área a um determinado eixo x ou y , no caso de geometrias planas.

Matematicamente, o momento de inércia de área assemelha-se ao momento de inércia de massa, porém o significado físico é distinto. Enquanto o primeiro dá uma idéia da rigidez da peça, o segundo se refere à distribuição da massa de um corpo em torno de um eixo de rotação.

Os momentos de inércia de áreas planas são dados por:

$$I_{xx} = \int_A y^2 dA \quad I_{yy} = \int_A x^2 dA$$

Os momentos de inércia de massa são dados por:

$$I_{xx} = \sum m(y^2 + z^2) \quad I_{yy} = \sum m(x^2 + z^2) \quad I_{zz} = \sum m(x^2 + y^2)$$

Centro de massa de um corpo é o ponto no qual toda a massa do corpo está concentrada. O centro de gravidade nasce a partir do momento em que o corpo está sob a influência de um campo gravitacional uniforme.

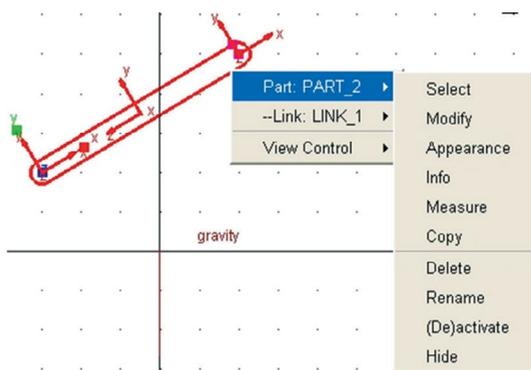
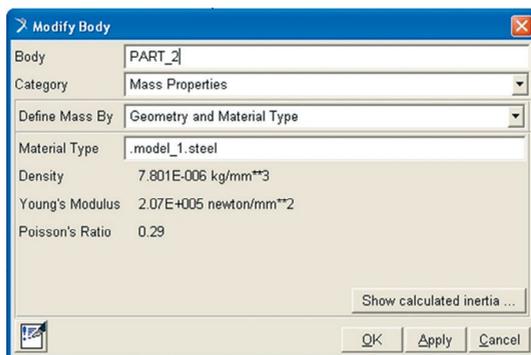


Figura 1.24 – Tela de modificação e visualização de propriedades de massa de uma parte:

(a) abas de acesso com opções aplicáveis a parte selecionada Part:PART_2;



b) opção Modify.

A opção *Geometry and Density* deixa o usuário entrar com o valor de densidade do material. No canto inferior direito dessa tela, há a opção *Show calculated inertia*. Após escolher o valor da densidade do material, apertando *Apply*, os valores de massa e inércia aparecem para conferência por parte do usuário.

A última opção *Geometry and Material Type* permite que o usuário selecione o material que deseja, com o botão direito do mouse sobre a aba tipo de material (*Material Type*). Para tanto, aparecerá um menu auxiliar, no qual o usuário deverá escolher *Material* → *Browse* e, assim se abre uma tela que o permite escolher o material. Conforme a escolha, os campos densidade (*Density*), módulo de Elasticidade (*Young's Modulus*) e coeficiente de Poisson (*Poisson's Ratio*) serão atualizados. A opção *Show calculated inertia* mostra os valores de massa e inércias atualizados.

1.3.2.1. Criação de corpos rígidos no ADAMS/View

No ADAMS/View, existem dois tipos de geometria que podem ser aplicadas na criação de corpos rígidos, são elas: geometrias de construção (*construction geometry*) e a geometria sólida (*solid geometry*), como mostrado na Tabela 1.4. A primeira abrange geometrias que não possuem massa como, por exemplo, pontos (*points*), *markers*, linhas (*lines*), arcos (*arcs*) e *splines*.

A geometria sólida pode ser construída a partir da pré-definição de corpos rígidos como: *links*, cubos (*box*), cilindros (*cylinder*), esferas (*spheres*), tronco de cone (*frustum*), toróide (*torus*), sólido de revolução (*revolution*), placas (*plate*), planos (*plane*).

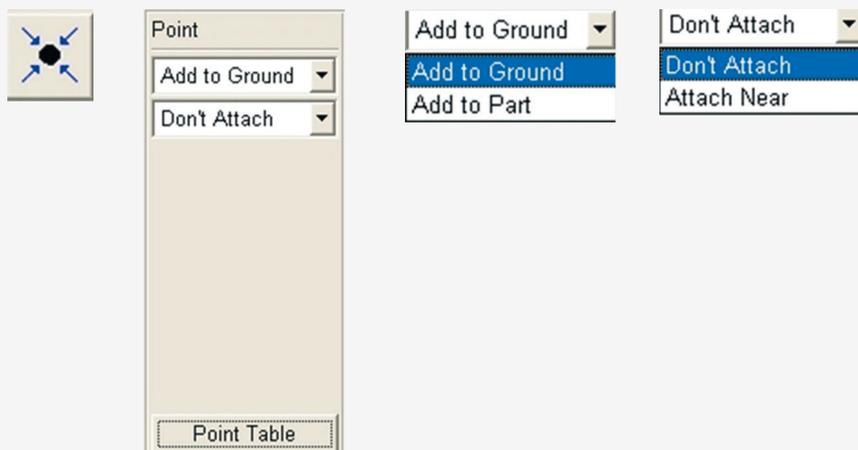
A criação de corpos rígidos exige a criação de geometrias, que podem tanto ser associadas a geometrias existentes como ao *ground part*. Esta escolha depende do usuário, que deve ter em mente a relação entre as geometrias e destas com o *ground part*, ou seja, a configuração do modelo e a cinemática do movimento (graus de liberdade e restrições internas ou externas).

O posicionamento das geometrias de corpo rígido pode ser estabelecido graficamente na tela de trabalho; neste caso ter a opção *Grid* ligada é bastante útil (Tabela 1.4); como também fornecer as coordenadas de posição, relativamente ao referencial global. Os pontos e os *markers* podem ser utilizados para dar o posicionamento de novas geometrias e permitir a parametrização entre elas.

A notar: Dentro da categoria das geometrias de construção, o ponto é um elemento que define uma posição qualquer em 3D. Ele permite que se estabeleça uma parametrização ou interdependência entre as geometrias/elementos envolvidos. Isto implica que ao parametrizar uma geometria qualquer a um ponto, mudar este ponto de local acarreta a mudança automática da geometria a ele ligada.

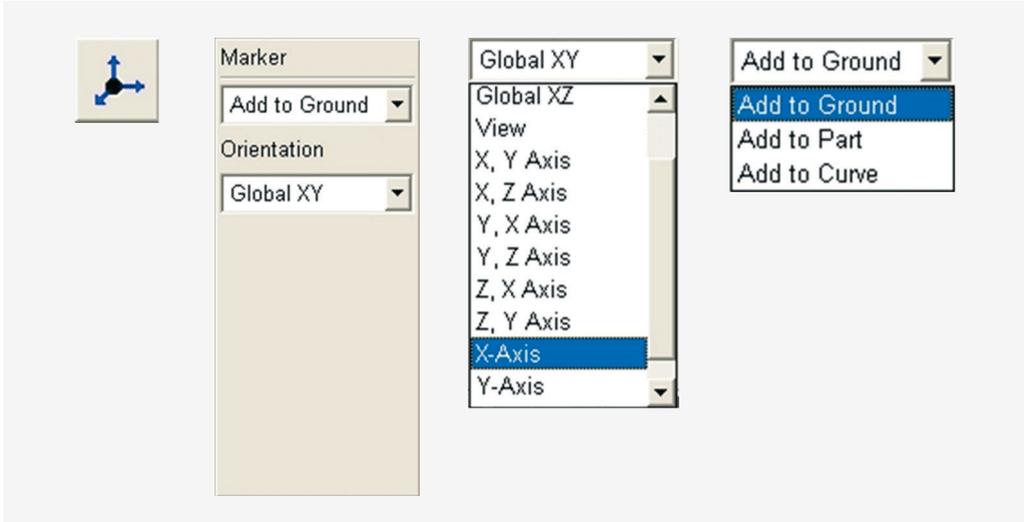
Um ponto também pode ser criado no local onde se colocam as juntas de conexão entre as geometrias de um modelo, neste caso, a parametrização provoca a alteração de posição do elemento de ligação a cada mudança de posição do ponto. Cabe ressaltar que não se parametriza a orientação do elemento por meio de um ponto e nem, a posição do centro de gravidade de uma geometria.

Para criar um ponto, recorra ao menu MainToolbox (item 1.3.1.2) → ícone da 1ª linha/2ª coluna (botão direito do mouse para expandir opções) → ícone mostrado a seguir. Nesse momento, será solicitado ao usuário que indique se o ponto será adicionado ao solo (Add to ground) ou a uma parte (Add to part), assim como se ele deve ser parametrizado ou não, conforme ilustra figura a seguir. A aba Point Table abre o editor de tabelas para edição de informações referentes ao ponto.



Um marker define um sistema de coordenadas local em uma parte (corpo rígido, flexível ou ponto de massa) ou em um ground part. O marker, ao contrário do ponto, tem uma orientação e é, automaticamente, criado no centro de gravidade das geometrias sólidas e nos pontos onde juntas são inseridas.

Para criar um marker se pode utilizar o menu Main Toolbox → ícone da 1ª linha/2ª coluna (botão direito do mouse para expandir opções) → ícone mostrado a seguir. A orientação do marker pode estar atrelada ao sistema de coordenadas global em um dos planos XY, XZ ou YZ, ao sistema de coordenada da vista; ao sistema de eixos definido pelo usuário (X,Y axis; X,Z axis; Y,X axis etc.) ou a um único eixo (X-axis, Y-axis, Z-axis).



a) *Criando linhas (lines/polylines), arcos (arcs) e splines*

O ícone de criação de linha(s) se refere ao *Polyline* no menu *Main Toolbox* (item 1.3.1.2). Quando acionado, solicita-se ao usuário que escolha um ponto onde a linha deve iniciar em seguida novos pontos são solicitados ao usuário, que com o botão esquerdo do mouse deve escolhê-los. O botão direito do mouse cria as linhas que passarão pelos diversos pontos, e finaliza o comando.

A interação do comando com o usuário aparece na parte inferior, canto esquerdo da tela. A Figura 1.25 ilustra a aba de criação de um *Polyline* juntamente com as telas das abas expandidas.

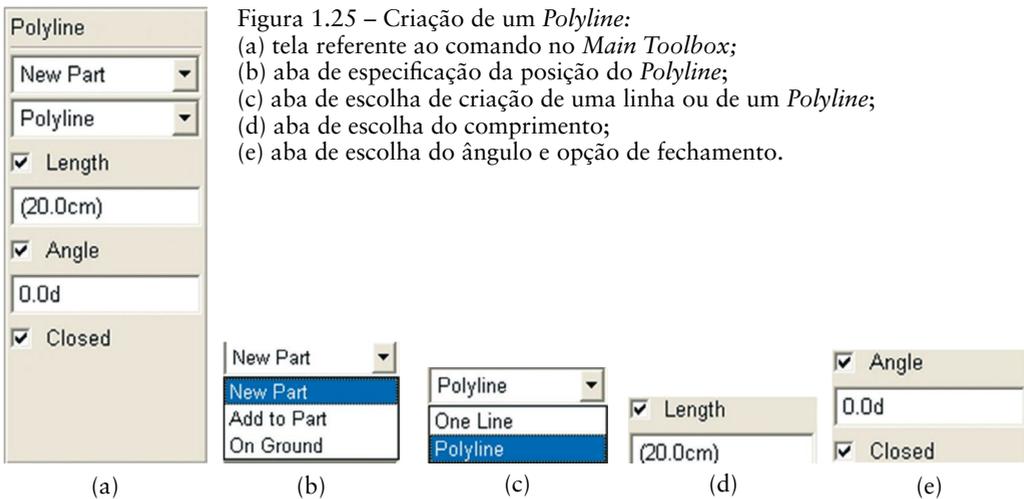


Figura 1.25 – Criação de um *Polyline*:

(a) tela referente ao comando no *Main Toolbox*;

(b) aba de especificação da posição do *Polyline*;

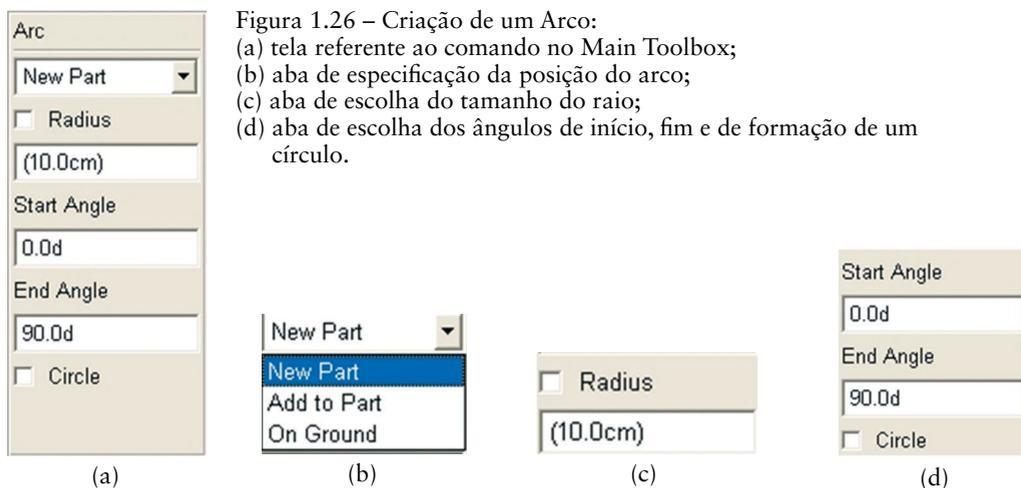
(c) aba de escolha de criação de uma linha ou de um *Polyline*;

(d) aba de escolha do comprimento;

(e) aba de escolha do ângulo e opção de fechamento.

O comando permite a criação da geometria atrelada a uma parte ou ao *ground part* (Figura 1.25b). Em Figura 1.25c, há a possibilidade de se criar uma única linha ou *Polyline*. As Figuras 1.25d e 1.25e permitem que se estabeleçam comprimentos e ângulos para essas linhas. Quando se tratar de um *Polyline*, o usuário poderá decidir pelo fechamento ou não dessas linhas, selecionando a opção *Closed*, na Figura 1.25e.

Para a criação de um arco, o usuário deve recorrer à opção *Arc*, no menu *Main Toolbox*, conforme a Figura 1.26a e Tabela 1.4. Na Figura 1.26b tem-se a possibilidade de criar uma nova parte ou de adicionar essa geometria a uma parte ou ao *ground part*. Na Figura 1.26c e d, escolhem-se o raio, ângulo de início e fim do arco, além de se poder decidir pela criação de um círculo, selecionando a opção *circle*. Neste caso, as opções referentes aos ângulos de início e fim são desativadas.



Para a criação de um *Spline*, primeiramente o usuário deve escolher se ele será adicionado a uma parte ou se no *ground part*. Em seguida, o usuário deve selecionar se o *Spline* será criado pela escolha de pontos, Figura 1.27c, ou por uma curva Figura 1.27d. Neste caso, o usuário deve especificar a curva que receberá o *Spline*. A aba *Spread Points*, se selecionada, distribuirá o *Spline* sobre a curva no número de pontos especificado logo abaixo.

b) *Criando geometrias sólidas*

Este item apresentará aspectos gerais de algumas geometrias sólidas que podem ser criadas no ADAMS/View, citadas no item 1.3.2.1. Neste contexto, segue a descrição sucinta de criação dessas geometrias.

b.1) *link*

Para criá-los recorra ao menu *Main Toolbox* → 1º grupo de ícones da Tabela 1.4 →  *Rigid body: link*.

Na área de trabalho, escolha o ponto inicial para sua construção. Essa escolha pode ser feita aleatoriamente, ou por meio de coordenadas, se o usuário, durante o comando, acionar o botão direito do mouse.

Essa operação abre uma janela auxiliar de coordenadas, conforme a Figura 1.28a. A barra de rolagem dá as seguintes opções: relativamente ao *Grid* (*Relative to Grid*), relativamente à origem (*Relative to Origin*) e relativamente ao objeto (*Relative to Object*). Essa janela pode ser utilizada tanto para a definição do ponto de origem quanto para a extremidade do *link*.

Por *default*, ao criar qualquer geometria sólida, o ADAMS/View considera como uma nova parte (*New Part*).

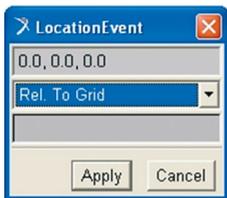
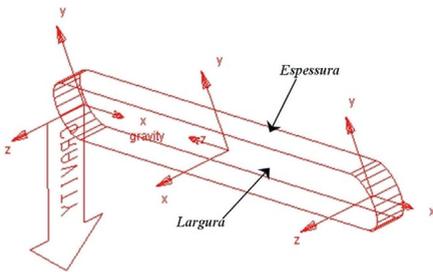


Figura 1.28 – Criação de um link:
(a) tela auxiliar para entrada de coordenadas para criação de geometria sólida;



(b) representação de um link.

Por *default*, a geometria terá largura equivalente a 10% do comprimento e espessura de 5% desse valor, conforme a Figura 1.28b. Os raios das extremidades terão valor igual à metade do valor da largura. Verifica-se, na Figura 1.28b, que a geometria proposta vem acompanhada de três *markers*, um em cada extremidade e outro no centro de gravidade do elemento.

Nota-se, ainda, que os dois *markers* das extremidades, pela regra da mão direita, possuem o eixo *z* perpendicular ao plano da peça, enquanto o do centro de gravidade encontra-se no eixo da peça.

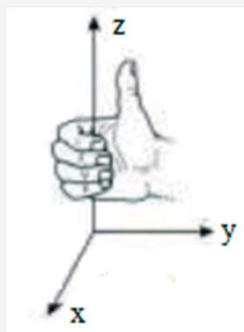
A notar: Pontos quaisquer em um espaço tridimensional podem ser colocados em correspondência bijetora com números reais, usando três retas coordenadas perpendiculares denominados eixo x , eixo y e eixo z . Estes eixos são colocados de tal forma que suas origens coincidam em um ponto denominado origem do sistema. Os três eixos coordenados formam um sistema de coordenadas retangulares ou cartesianas.

Este sistema de coordenadas tridimensional se divide em duas categorias: sistemas com a regra da mão direita e sistemas com a regra da mão esquerda.

Um sistema com a regra da mão direita tem a seguinte propriedade, posicionando o pulso da mão direita sobre a origem do sistema; em seguida colocando os dedos na direção do eixo x e os curvando (fechando) na direção do eixo y ; tem-se que o polegar fornece o sentido positivo do eixo z . Cabe ressaltar que a operação envolvendo os eixos x e y está sempre no sentido positivo desses eixos.

Fonte: ANTON, H.A, BIVINS, I., DAVIS, S. Calculo, Vol.2, Bookman Companhia 8ª Ed., 2007.

Sistemas com a regra da mão esquerda são construídos analogamente, contudo os eixos x e y têm posições trocadas no sistema.



b.2 – Box (caixa)

Para criá-las recorra ao menu *Main Toolbox* → 1º grupo de ícones da Tabela 1.4 → *Rigid* *body: Box*.

Trata-se de uma caixa (*Box*) sólida 3D. Na área de trabalho, escolha a coordenada inicial do sólido da mesma forma que a mostrada no item b.1. A geometria gerada tem comprimento, profundidade e altura. Por *default*, a profundidade corresponde a duas vezes a menor dimensão da caixa, ou seja, comprimento ou altura, conforme a Figura 1.29a.

Para alterar dimensões da geometria, clique sobre ela com o botão direito do mouse sobre a opção *Block:Box*, em seguida *Modify*. A tela auxiliar que aparece-

rá permitirá que se modifique os comprimentos (x , y , z) da caixa, de acordo com sua orientação relativamente ao referencial global, conforme Figura 1.29b.

Note que a aba *Corner Marker* indica o nome do *marker* (MARKER_1) em um dos vértices da caixa, o qual é paralelo ao sistema de referência global. A aba *Diag Corner Coords* fornece as dimensões da geometria, de acordo com o sistema de referência localizado no vértice, ou seja, 200 mm ao longo de x ; 150mm ao longo de y e 300 mm ao longo de z . Este exemplo mostra que a geometria foi construída no plano xy com dimensões acima especificadas.

b.3) Plate (placa)

Para criá-las recorra ao menu *Main Toolbox* → 1º grupo de ícones da Tabela 1.4 → *Rigid*  *body: Plate*.

Uma placa (*Plate*) é formada a partir de um polígono triangular que ganha uma espessura (sólido extrudado), além de ter os vértices arredondados. Os vértices são escolhidos a partir do botão esquerdo do mouse na área de trabalho, e a finalização do comando se faz pelo botão direito do mouse. Ressalta-se que é possível fazer a escolha das coordenadas do ponto, conforme ilustrado na Figura 1.28a.

Cada vértice recebe um *marker* com orientação paralela ao sistema de referência global x , y , z . O quarto *marker* se refere ao centro de gravidade da geometria. A modificação dessa geometria remete ao clique do botão direito do mouse sobre a geometria, opção *Modify*, gerando uma tela semelhante à mostrada em Figura 1.30b.

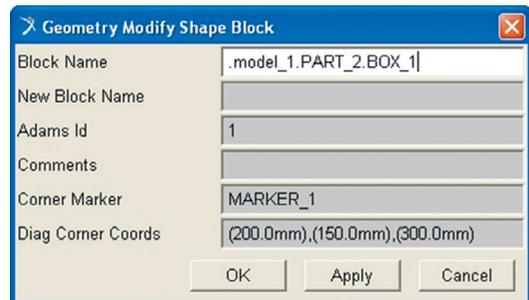
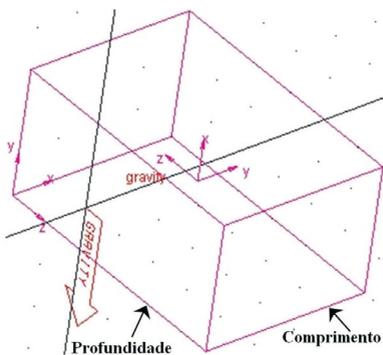


Figura 1.29 – Criação de uma caixa:
(a) figura representativa de
uma Box criado no ADAMS/
View;

(b) tela de modificação padrão para esta geometria.

A aba *Marker Name* mostra o nome dos três *markers* situados nos vértices da geometria. A ordem se refere àquela escolhida em sua construção, sendo a primeira o *marker* de referência (*reference marker*). As abas *Width* e *Radius* se referem à espessura e ao raio do círculo dos vértices.

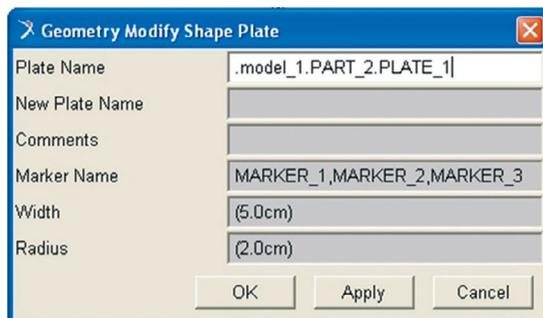
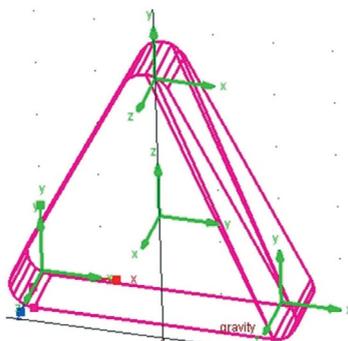


Figura 1.30 – Criação de uma placa Plate: (a) representação de um Box;

(b) figura representativa de um Box criado no ADAMS/View.

b.4) *Plane (plano)*

Para criá-los recorra ao menu *Main Toolbox* → 1º grupo de ícones Tabela 1.4 → *Rigid* *body: Plane*

O plano é uma geometria bidimensional que pode ser construída no plano da tela considerando o *grid* ou conforme mostra a Figura 1.28a. O *marker* de origem da geometria é criado no primeiro ponto selecionado para formar a geometria.

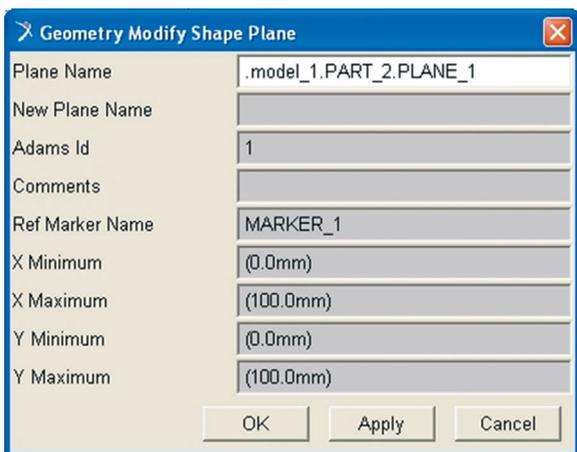


Figura 1.31 – Tela representativa da modificação de um plano.

Ao ser criado, uma mensagem de *Warning* aparece em uma tela auxiliar: *The resulting body is not a valid manifold solid. It does not have any mass.* O conteúdo esclarece que a geometria criada não constituiu um sólido e, portanto, não tem massa.

Para modificá-lo, procede-se da mesma forma que a mostrada nos itens b.2 e b.3. A tela ilustrativa dessa situação é mostrada na Figura 1.31.

A Figura 1.31 mostra que se o usuário deseja alterar o nome da geometria, bastando, para isso, preencher o campo *New Plane Name*. A aba *Ref Marker Name* traz o *marker* que é tomado como referência para a criação da geometria.

Em seguida, os campos *X Minimum* e *Y Minimum* dão ao usuário a possibilidade de transladar as arestas que contêm o *marker* de um valor especificado por ele. As abas *X Maximum* e *Y Maximum* permitem transladar o tamanho das arestas opostas às que contêm o *marker* de origem. A Figura 1.32 ilustra essa situação.

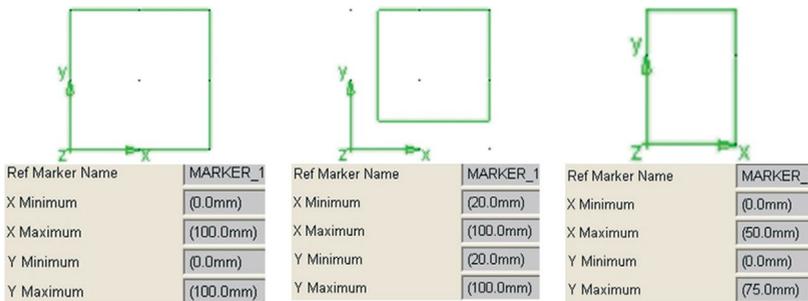


Figura 1.32 – Possíveis alterações das dimensões de um plano.

b.5) *Sphere* (esfera)

Para criá-las recorra ao menu *Main Toolbox* → 1º grupo de ícones da Tabela 1.4 → *Rigid body*: *Sphere*.

A esfera é criada a partir de um sólido elipsoidal em que se consideram os raios iguais nas três direções *x*, *y* e *z*. O *marker* criado automaticamente, durante a geração da esfera, se situa no centro da geometria, coincidente com seu centro de gravidade.

As coordenadas de localização do centro podem ser estabelecidas no *grid* ou como mostra o item b.2. Durante a criação da geometria, o usuário pode informar o valor de raio desejado.

A Figura 1.33 ilustra a tela de modificação, e esta se compõe conforme descrito nos itens anteriores.

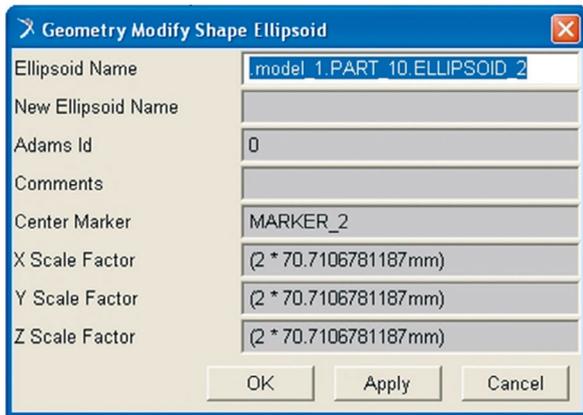


Figura 1.33 – Tela ilustrativa de modificação da geometria sólida: *Sphere*.

As abas *X Scale Factor*, *Y Scale Factor* e *Z Scale Factor* permitem ao usuário trabalhar a geometria, ou seja, se os três fatores de escala forem distintos tem-se um elipsóide; se dois deles forem iguais um elipsóide de revolução.

b.6) *Cylinder (cilindro)*

Para criá-los recorra ao menu *Main Toolbox* → 1º grupo de ícones da Tabela 1.4 → *Rigid body*:  *Cylinder*

Ao selecionar esta opção, o usuário cria, na área de trabalho uma geometria, que em vista frontal (no plano da tela) se assemelha a um retângulo. Por *default*, o diâmetro desse cilindro corresponde a 25% do valor do comprimento de seu eixo. Ao selecionar a opção, o usuário pode fornecer o comprimento (*length*) e o raio (*radius*) que desejar. Dois *markers* se formam na geometria, um na extremidade onde o usuário iniciou a construção e outro no centro de gravidade.

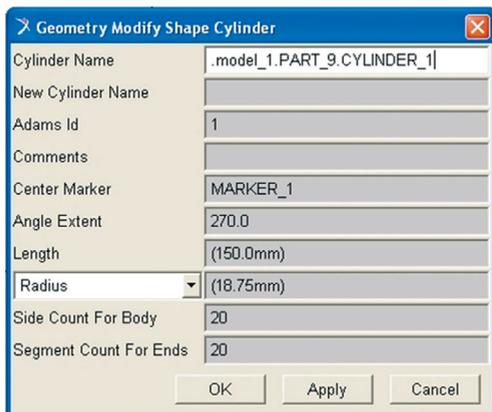


Figura 1.34 – Tela representativa da opção *Modify* aplicada à geometria sólida *Cylinder*.

A aba *Angle Extent*, dependendo de como é preenchida, permite que o cilindro seja completo em 360° ou parcial conforme mostrado em Figura 1.34 (270°). Nesta situação, a geometria sólida não terá área de seção transversal plena.

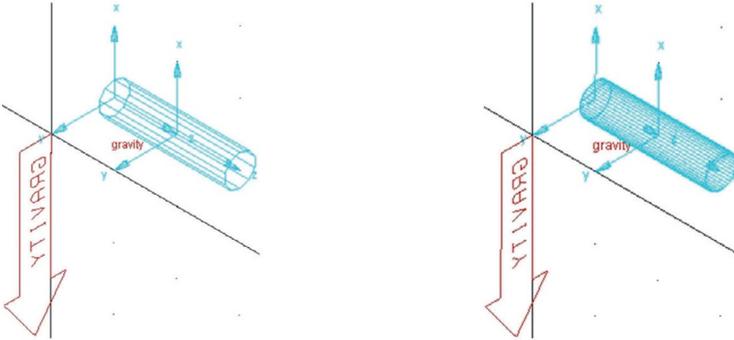


Figura 1.35 – Diferença na construção de um cilindro variando opções *Side Count For Body* e *Segment Count For Ends*.

As duas últimas abas *Side Count For Body* e *Segment Count For Ends* se referem às linhas auxiliares de construção da área correspondente a $2\pi rL$ (lateral) e de πr^2 (seção transversal), respectivamente, Figura 1.35, onde r é o raio da seção e L comprimento do cilindro.

1.3.3. Restrições no ADAMS/View

As restrições ou vinculações internas, previstas entre as geometrias sólidas ou partes, podem ser definidas pelo usuário no módulo ADAMS/View. A Tabela 1.4 (1º Grupo) mostra o ícone, que, expandido, traz as opções de restrições disponíveis no módulo. Na Mecânica, essas restrições estabelecem a cinemática de uma parte em relação à outra em um modelo virtual. Em suma, as restrições restringem movimentos relativos entre partes e representam um vínculo idealizado.

A notar: De acordo com a Mecânica, os vínculos podem ser definidos como um elemento de ligação entre as partes de uma estrutura (elementos estruturais) ou entre a estrutura e o meio externo. Na primeira situação, são denominados vínculos internos, na segunda, externos. A finalidade destes é restringir um ou mais graus de liberdade do corpo rígido.

Cabe ressaltar que um único vínculo não será responsável por restringir todos os graus de liberdade do modelo, mas sim o conjunto deles. Além disto, há que se considerar sua classificação definida em função do número de graus de liberdade que restringe. Outro aspecto é que, nesse conjunto, sua disposição no modelo também é responsável pelo sucesso da imobilidade ou mobilidade que se deseja dar ao modelo.

Os vínculos podem ser inseridos em estruturas nos planos 2D e 3D e suas classificações dependem do plano em que estão. Quando no plano 2D, os vínculos se classificam em vínculo simples ou de 1º gênero, duplo/fixo ou de 2º gênero e engaste ou 3º gênero. No plano 3D, surgem as nuances vínculos cilíndrico e esférico.

O número total de graus de liberdade de um sistema de corpos se refere ao número de movimentos possíveis e independentes de cada parte desse sistema, como um corpo livre. O número de graus de liberdade, após a colocação de vínculos, depende do número de restrições efetivas previstas, que verdadeiramente eliminem graus de liberdade.

No ADAMS/View, corpos rígidos incluem a geometria sólida tratada no item 1.3.2.1 letra b. Nesse contexto, as restrições aqui tratadas se aplicarão na união desses elementos para compor um modelo, bem como desse modelo com o ground part, que representaria o meio externo.

No ADAMS/View, existem quatro categorias de restrições juntas idealizadas (*idealized joints*); juntas primitivas (*primitives joints*), geradores de movimento (*motions generators*) e *higher-pair constraints*. Neste guia, serão abordadas apenas algumas juntas idealizadas. No entanto, ao longo do desenvolvimentos dos tutoriais nos capítulos subsequentes, caso essas juntas sejam aplicáveis, elas serão tratadas nos quadros *A notar*.

A convenção adotada pelo ADAMS/View para estabelecer um movimento relativo entre partes é a seguinte: quando se cria uma junta, a primeira parte que se seleciona é a que se movimentará relativamente à segunda. Portanto, o usuário deve atentar a essa operação para que a sequência de movimentação seja a desejada por ele.

Nos locais onde as juntas são colocadas, há sempre a presença de forças de reação, segundo o ADAMS/View. As juntas que não são completamente fixas permitem alguns movimentos, nesse caso as forças de reação, que surgem em decorrência de movimentos restritos, variam em função do local de aplicação.

A notar: As forças de reação refletem a reação (resposta) do corpo rígido a um sistema de forças aplicado. Assim ao se restringir um movimento, a ação de forças naquela direção ou sentido, segundo um sistema de referência, irá gerar uma reação. Isto se mostra completamente em sintonia com a 3ª Lei de Newton estendida a corpos rígidos, que considera que a cada ação corresponde uma reação de mesmo módulo, direção e sentidos opostos, no caso: $F_{AB} + F_{BA} = 0$ e $M_{AB}^0 + M_{BA}^0 = 0$.

Para acessar no ADAMS/View os elementos de ligação (juntas) há dois caminhos a seguir pelo menu principal  acessar *Build* → *Joints*. Por meio do menu *Main Toolbox*, ícone referente à junta revoluta, que é o ícone padrão do menu de juntas.

Apertando o botão direito do mouse sobre o ícone, este se expande. Das opções que surgem a denominada *Joint: Palette*  é a mais completa e traz todas as juntas do ADAMS/View divididas em categorias, conforme já comentado aqui. A Figura 1.36 ilustra a referida janela. Note que as últimas abas mostram as informações construtivas necessárias para a inserção da referida junta no modelo virtual.

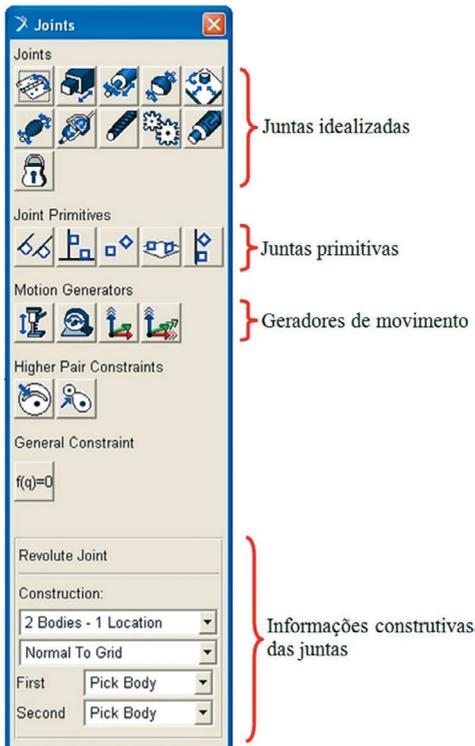


Figura 1.36 – Figura ilustrativa das juntas disponíveis no ADAMS/View.

1.3.3.1. Idealized joints (juntas idealizadas)

Essas juntas fornecem uma simbologia que traduz um modelo ou uma gama de movimentos (graus de liberdade), que permitem ao usuário simular e, portanto, avaliar a cinemática/dinâmica multicorpos. Segundo o módulo ADAMS/View, elas podem ser simples ou complexas.

Quanto às juntas idealizadas citam-se: revoluta (*revolute*); de translação (*translational*), cilíndrica (*cylindrical*), esférica (*spherical*), planar; velocidade constante (*Constant-Velocity*); parafuso (*screw*), fixa (*fixed*) e *Hooke/Universal*. A complexa é: *Couplers*. Neste guia, apenas algumas juntas idealizadas simples serão abordadas.

a) *Revolute joint* (junta revoluta)

Essa junta permite a rotação de uma parte em relação à outra. A rotação se dá em torno de um eixo comum a ambas as partes e que possui uma dada orientação. A Figura 1.37 ilustra a inserção de uma junta revoluta entre dois *links* e as janelas que o usuário precisa preencher para que ela forneça a cinemática/dinâmica necessária.

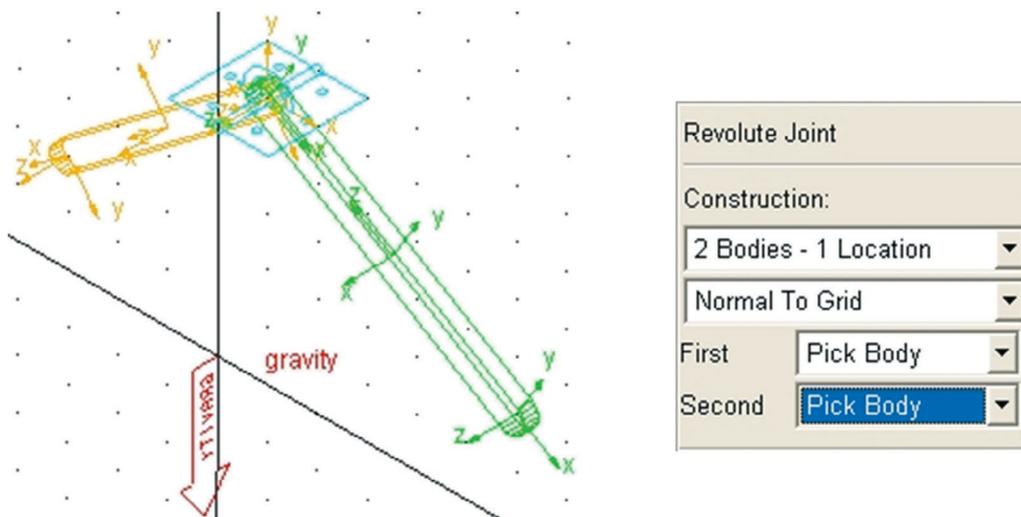


Figura 1.37 – Telas ilustrativas de uma junta revoluta (a) representação no ADAMS/View (vista isométrica) (b) informações necessárias para criação.

A primeira aba, mostrada na Figura 1.37b, quando expandida, fornece três opções: 1 *Location* (1 posição); 2 *Bodies – 1 Location* (dois corpos – uma posição) e 2 *Bodies – 2 Locations* (dois corpos – duas posições).

Na primeira opção, o usuário escolhe o local onde a junta deverá ser inserida e o ADAMS/View automaticamente escolhe as partes que serão unidas por essa junta. Contudo, a escolha se dá por geometrias próximas à junta, e mais, se há apenas uma, a outra será por *default* o *ground part*.

Nesse caso, as abas *First* (primeira) e *Second* (segunda) mostradas na Figura 1.37 desaparecem e resta apenas a de orientação da junta que pode ser *Normal to Grid* (normal ao *grid*) ou *Pick Geometry Feature* (escolha uma forma geométrica). Quando a escolha for normal ao *grid*, a junta será perpendicular a ele (Figura 1.37a); caso a outra opção seja selecionada; a junta será orientada segundo uma direção dada por uma face de uma parte, por exemplo.

Repare que, nessa situação, um primeiro clique com o mouse permite escolher o ponto. Nesse caso, pode ser um *marker* automaticamente criado com as geometrias envolvidas, ou um *marker* inserido pelo usuário para o fim de inserir a junta. Feito isto, uma seta branca associada ao estabelecimento da direção dará ao usuário a possibilidade de escolher a direção que se quer.

A segunda opção, dois corpos – uma posição, permite que o usuário selecione duas partes a serem vinculadas, além da posição da junta. Nesse caso, a junta se fixa na primeira parte (*First Body*). Cabe lembrar que pelas abas *First* (primeira) e *Second* (segunda) a sequência de movimento será da primeira relativamente à segunda. Essas abas dão escolha de um corpo ou uma curva. Esse caso é mostrado na Figura 1.37b. O *marker* associado à referida junta tem o eixo *z* perpendicular ao plano.

A terceira opção permite que o usuário escolha dois corpos e duas posições. As duas posições permitem que o usuário explicita a posição da junta nos dois corpos.

b) *Translational joint* (junta de translação)

Essa junta permite que uma parte translate em relação à outra, conforme estabelecido pelo usuário. Este também fornece a direção em que esse movimento deverá ocorrer. Não há rotação, e as abas de construção são as mesmas mostradas em a). A Figura 1.38 ilustra a construção dessa junta considerando a opção de dois corpos – uma posição; escolha uma forma geométrica como orientação para a junta, no caso a face da primeira geometria sólida.

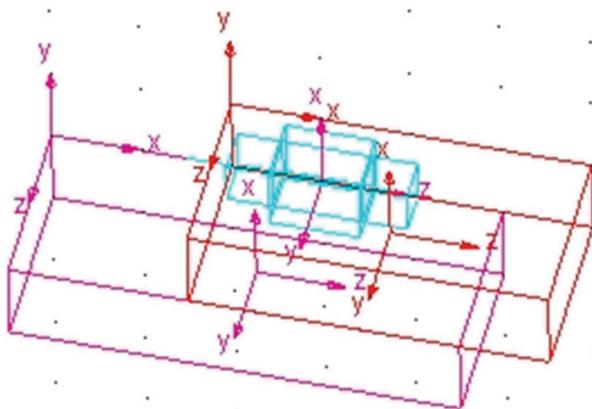


Figura 1.38 – Representação no ADAMS/View de uma junta de translação.

c) *Spherical Joints* (juntas esféricas)

Uma junta esférica permite três graus de liberdade, ou seja, três rotações em torno de um ponto comum às duas partes interligadas. A escolha do ponto de inserção da junta fornece indiretamente o ponto de pivotamento dessa junta. A Figura 1.39 traz a representação gráfica de uma junta esférica entre dois *links*.

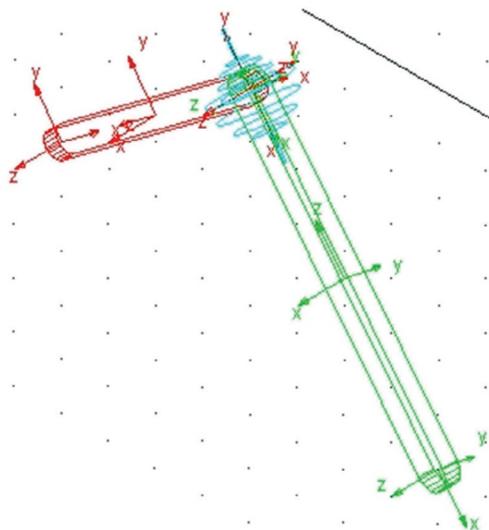


Figura 1.39 – Representação no ADAMS/View de uma junta de esférica.

d) *Planar joint* (junta planar)

A junta plana permite às partes por ela vinculadas três graus de liberdade, quais sejam, duas translações e uma rotação. A translação ocorre nas duas direções do plano xy e uma rotação em torno do eixo perpendicular a este plano, conforme a regra da mão direita, no caso da Figura 1.40 o eixo x . As translações também

podem ocorrer de forma aleatória sendo que, nessa situação, configura-se um escorregamento relativo entre as partes. A Figura 1.40 ilustra uma junta planar.

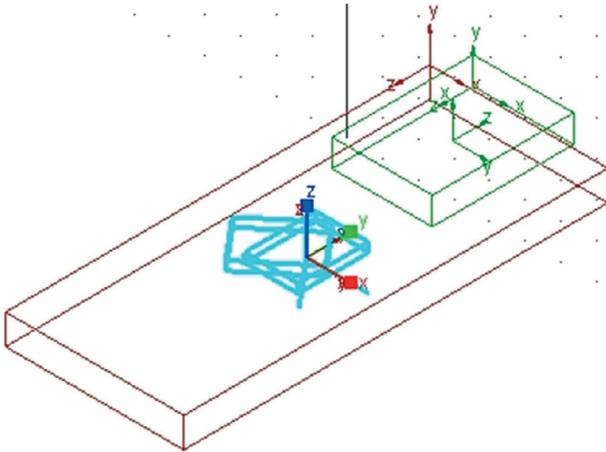


Figura 1.40 – Representação no ADAMS/View de uma junta planar.

e) *Fixed joint* (junta fixa)

Essa junta não permite o movimento relativo entre duas partes, ou seja, não há translações nem rotações, seu efeito é de um engaste em 3D. Normalmente, é aplicada entre uma geometria sólida e o *ground part*.

A Figura 1.41 ilustra a fixação de um *link* ao *ground part*. Repare que a representação gráfica de um cadeado torna a junta bastante perceptível, de modo que, se o usuário desejar modificar as condições de restrição, ele facilmente identificará a junta e poderá substituí-la por outra.

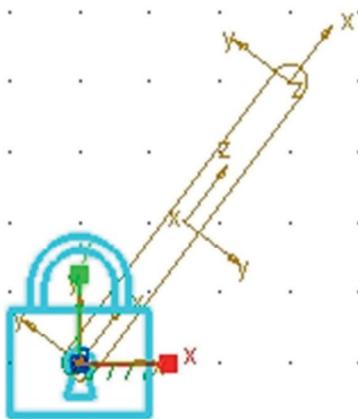
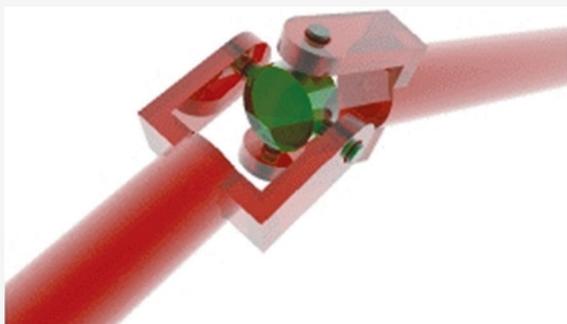


Figura 1.41 – Representação no ADAMS/View de uma junta fixa.

f) *Hooke/Universal joint* (junta Hooke)

Este item aborda a junta Universal ou *Hooke* comumente chamada de cruzeta. Esse tipo de junta permite que a rotação de um corpo rígido seja transferida a outro que também sofra rotação; como é o caso de eixos de transmissão de alguns veículos automotores. Nesses casos, as juntas transferem movimento rotacional entre dois eixos que se conectam e que podem sofrer flexão, em decorrência do movimento de uma suspensão, por exemplo. No ADAMS/View, para selecioná-las têm-se: um clique com o botão esquerdo do mouse sobre o ícone representativo da junta, na paleta, abre a junta *Hooke*, dois cliques abrem a junta *Universal*.

A notar: O eixo de transmissão veicular com cardan nas extremidades é um sistema de transmissão de torque cuja função é fornecer independência às forças motrizes. É composto por um tubo metálico suficientemente resistente que transmite potência da caixa de câmbio para o diferencial. Os cardans ou cruzetas presentes nas extremidades do eixo permitem que o ângulo deste varie, enquanto o eixo secundário da caixa de marchas e o pinhão de ataque do diferencial permanecem paralelos. A figura a seguir mostra uma junta Universal/Hooke.



Fonte: Wikipedia. Disponível em: < http://pt.wikipedia.org/wiki/Eixo_card%C3%A3 >. Acesso em: 22/04/2013

1.3.3.2. Impondo movimentos em juntas de modelos virtuais

Dois tipos de movimentos podem ser atribuídos às geometrias sólidas: translação e rotação.

Na translação, o ADAMS/View, em regra, permite que a primeira parte selecionada, na janela de criação de juntas (Figura 1.37b), se movimente ao longo de um dos eixos da segunda parte.

Já na rotação, o ADAMS/View permite a rotação da primeira parte selecionada no momento de criação da junta, em torno do eixo z da segunda. A regra da mão direita dá o sentido da rotação. Na definição desse movimento é necessário que o eixo z da primeira parte esteja alinhado com o eixo z da segunda, durante todo o movimento.

Ao definir o movimento de uma junta, uma velocidade constante, que pode ser estabelecida pelo usuário, é atribuída ao longo do tempo. Este valor é fornecido pelo usuário e pode ser numérico, uma função, uma subrotina etc. Para impor esse movimento, proceda da seguinte forma:

- No menu *Main Toolbox*, escolha o ícone .
- Clique o botão direito do mouse sobre ele, a fim de ter acesso a novas opções.
- Selecione a opção no *Joint:Palette* .

A tela que aparecerá é a mostrada na Figura 1.36. Escolha, então, um dos ícones  ou . O primeiro é denominado *Translational Joint Motion (Applicable to Translational or Cylindrical Joint)*, ou seja, junta de movimento translacional (Aplicável em Juntas Translacionais ou Cilíndricas). O segundo é denominado *Rotational Joint Motion (Applicable to Revolute or Cylindrical Joint)*, ou seja, Junta de movimento rotacional (Aplicável em Juntas Revolutas ou Cilíndricas). As informações e campos de preenchimento de cada um dos movimentos são mostrados na Figura 1.41a e b.

O valor default de velocidade translacional é de 10 mm/s, enquanto a rotacional é de 30°. Para especificar valores não numéricos, clique com o botão direito do mouse sobre a opção *Trans. Speed* ou *Rot. Speed*, e escolha a opção *Parametrize*. Movimente o cursor na direção da seta, ao final da opção, e ela expandirá, oferecendo novas opções. Selecione assim uma das opções: *Create Design Variable*; *Reference Design Variable*, *Expression Builder* e *Unparametrize*. A opção *Expres-*

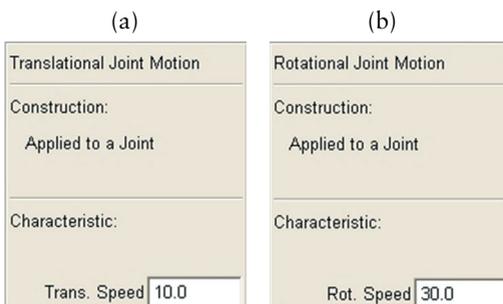


Figura 1.42 – (a) informações acerca do movimento da junta translacional;
(b) informações acerca do movimento da junta rotacional.

sion Builder mostra o ADAMS/View *function builder*. As opções citadas aqui não serão discutidas neste capítulo.

1.3.3.3. Modificando juntas de modelos virtuais

Para modificar algumas características atribuídas às juntas, o usuário pode proceder da seguinte maneira. Sobre a junta, clique com o botão direito do mouse, selecione o elemento *Joint: JOINT_1* (após os dois pontos especifica-se o nome do elemento, item 1.3.5); movimente o cursor em direção à seta situada ao final da opção e escolha a opção *Modify*.

A tela mostrada na Figura 1.43 irá aparecer, nela o usuário é capaz de alterar o nome da junta (*Name*), as partes envolvidas na sua definição (*First Body*, *Second Body*), o tipo de junta estabelecida entre duas partes (*Type*), local de imposição de forças (*Force Display*), além de poder estabelecer movimentos (*Impose Motion(s)...*) e condições iniciais (*Initial Conditions...*).

Nas abas *Type* e *Force Display*, a barra de rolagem ao lado fornece ao usuário outras opções.

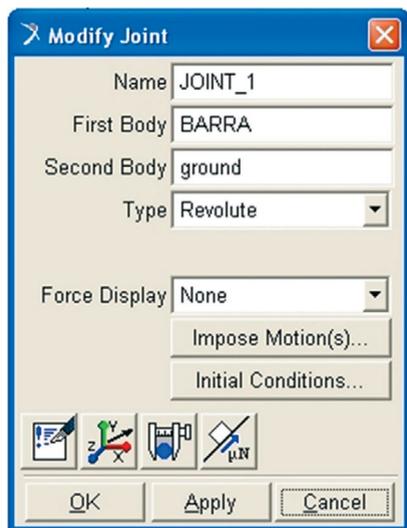


Figura 1.43 – Tela representativa da modificação de juntas.

1.3.3.4. Estabelecendo grandezas a serem medidas nas juntas

Este tópico apresenta ao usuário como ele deve proceder para escolher as grandezas a serem medidas em juntas. Sobre a junta, clique com o botão direito do mouse, selecione o elemento *Joint: JOINT_1* (após os dois-pontos, é especificado o nome do elemento, item 1.3.5); movimente o cursor em direção à seta situada ao final da opção e escolha a opção *Measure*. A tela correspondente a essa opção é apresentada na Figura 1.44.

O campo *Measure Name* dá nome à medida que será efetuada no modelo. Nesse nome, são identificados o modelo, a junta e a medida propriamente dita. No caso em questão, o modelo se chama *pendulo_fisico*; o elemento em que será registrada a medida é uma junta identificada por *JOINT_1* e após o nome atribuído à medida, no caso, *MEA_1*.

No campo *Joint*, aparecerá o nome da junta. No campo *Characteristic*, a barra de rolagem permite que escolha uma força (*Force*), um torque; um deslocamento (*Displacement*); uma velocidade relativa (*Relative Velocity*); uma aceleração relativa (*Relative Acceleration*); uma velocidade angular relativa (*Relative Angular Velocity*) e uma aceleração angular relativa (*Relative Angular Acceleration*).

No campo *Component*, é escolhida a direção da componente das grandezas vetoriais enumeradas aqui ou a magnitude da resultante vetorial (*mag*). No campo *From/At*, o usuário seleciona em qual dos *markers*, que definem as partes interligadas pela junta, se deseja efetuar a medida.

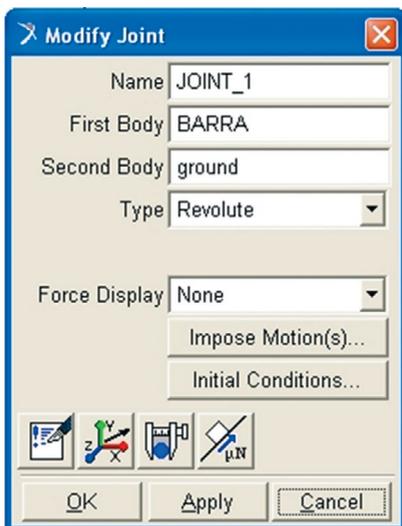


Figura 1.44 – Tela de especificação de grandezas a serem medidas em juntas.

1.3.4. *Interactive Simulation Controls* – área de simulação do ADAMS/View

Segundo a Tabela 1.4, o ícone  permite ao usuário definir parâmetros de simulação no modelo construído. Ao ser selecionado, na tela inferior do menu *Main Toolbox* aparecerão os campos mostrados na Figura 1.45.

As teclas ,  e  representam, respectivamente, *Reset*, *Stop Simulation* e *Start ou Continue Simulation*.

O campo *Default*, quando tem a barra de rolagem lateral acionada, fornece ao usuário outras três opções de simulação: dinâmica (*Dynamic*), cinemática (*Kinematics*) e estática (*Static*).

O campo *End Time* permite ao usuário definir um tempo final de simulação ou um tempo para sua duração (*duration*). Em ambas as possibilidades, o usuário deverá especificar o tempo em segundos. O campo *Steps* (passos) requer que o usuário que estabeleça os incrementos/passos ao longo do tempo de simulação. O campo logo abaixo permite que o usuário especifique esse valor.

Os ícones  e  permitem estabelecer um equilíbrio estático (*Find static equilibrium*) e repetir a última simulação (*Replay last simulation*), respectivamente.



Figura 1.45 – Campos de caracterização da simulação.

1.3.5. Atribuição dos nomes de objetos no ADAMS/View

Dar nomes aos diversos elementos aplicados em um modelo virtual desenvolvido no ADAMS/View exige que se siga uma determinada nomenclatura, a fim de se garantir uma identificação precisa do elemento a que se faz referência.

Em linhas gerais, segue-se o seguinte *model_name.part_name.geometry_name* ou *.*.constructionpoints_name;.*.markers_name*, neste caso, todos são

partes (*parts*). Observando os nomes atribuídos a um modelo, nota-se a seguinte hierarquia:

.pendulo.ground → Trata-se de uma parte (*Ground part*).

.pendulo.Link2 → Trata-se de uma parte (*Part* de nome *Par2*).

.pendulo.Analysis_flags → Trata-se de uma *flag* de análise (*Adams_Analysis_Flags*).

.pendulo.upper_right_to_ground → Trata-se de uma junta (*Joint*) chamada *upper_right_to_ground*.

.pendulo.MOT1 → Trata-se de um movimento (*Motion*) chamado *MOT1*, estabelecido no ADAMS/View.

.pendulo.pendulo_script → Trata-se de um script de simulação (*Simulation_Script*) denominado *pendulo_script*.

Todos os nomes de objetos são seguidos pelo nome do modelo, ponto (.), nome do elemento.

1.3.6. Salvando um modelo virtual no ADAMS/View

As extensões de arquivo mais comuns para se salvar modelos virtuais no ADAMS/View são o (*.*.bin*) e o (*.*.cmd*). O primeiro se aplica aos arquivos de dados (*database files*) incluindo tudo o que está associado a uma sessão de trabalho no módulo, ou seja, o modelo propriamente dito, simulação, resultados, gráficos etc. Desta forma o arquivo fica muito grande, além de ser dependente da plataforma utilizada. A segunda extensão salvará os elementos (geometria de construção e sólida, juntas etc.) do modelo e seus atributos, isto porque ele se refere ao arquivo de comandos (*command files*). Normalmente, tem-se um arquivo menor que é independente da plataforma utilizada.

No menu principal, ao se selecionar a opção *File*, as opções: *New database*, *Open database*, *Save database* e *Save database as...* guardam o arquivo com a extensão *.*.bin*. As opções *Import...* e *Export...* armazenam o arquivo com a extensão *.*.cmd*. Cabe ressaltar que outras extensões estão disponíveis, basta que o usuário escolha aquela que melhor se adapta a sua necessidade.

Observe que, ao retomar modelos virtuais já iniciados, ao tentar salvá-los, o usuário poderá se deparar com a seguinte caixa de diálogo, mostrada na Figura 1.46.

Nesta tela, averte-se o usuário da existência do modelo que se quer salvar e lhe é perguntado se ele deseja criar um *backup*.

Se o usuário responde “si” (*Yes*), o ADAMS/View irá criar um arquivo de mesmo nome, no caso, “pendulo”, mas com extensão *.biq*.

Caso o usuário queira ter acesso a esse arquivo, ele deverá renomeá-lo, atribuindo um novo nome e também a extensão. Assim, por exemplo, o nome do backup será: pendulo.biq; ao renomear, o usuário deverá escrever: pendulo_simples.bin”.

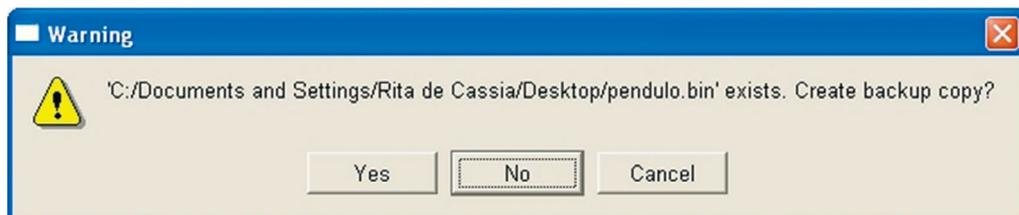


Figura 1.46 – Caixa de diálogo do ADAMS/View para criação de backup.

1.3.7. Funcionalidades no ADAMS/View

O ADAMS/View permite o uso de algumas teclas facilitadoras, as quais são mostradas na Tabela 1.5, a seguir.

Tabela 1.5 – Descrição das teclas de função disponíveis no ADAMS/View.

Teclas	Função da tecla
F1	Aciona o <i>help</i> do software.
F2	Abre uma janela solicitando que o usuário selecione um arquivo de extensão <i>.*.cmd</i> . Em seguida, abre-se uma janela de simulação do modelo.
F3	Abre uma janela de comando (<i>command window</i>) em que ocorre uma verificação do modelo.
F4	Abre uma janela de coordenadas que identifica todos os pares ordenados na tela do módulo. É dinâmica, e a mudança do cursor pelo mouse permite o registro das coordenadas.
F8	Abre a janela do ADAMS/PostProcessor para o usuário.
Ctrl+N	<i>New Database</i> (cria novo <i>database</i>).

Teclas	Função da tecla
Ctrl+O	<i>Open Database</i> (abre um <i>database</i> existente).
Ctrl+S	<i>Save Database</i> (grava um <i>database</i>).
Ctrl+P	<i>Print</i> (imprime um <i>database</i>).
Ctrl+Q	<i>Exit</i> (sai do sessão do módulo).
Ctrl+E	<i>Modify</i> (abre uma janela auxiliar denominada <i>Database Navigator</i> , na qual o usuário pode promover modificações no modelo em diversas classes de elementos <i>bodies, constraints, forces, markers, geometry</i> etc.)
Ctrl+C	<i>Copy</i> (copia elemento selecionado).

Como no ADAMS/Car, item 1.2.8, o ADAMS/View possui funcionalidades no próprio mouse. Contudo algumas se diferem, mas, em suma, a maioria permanece a mesma.

O usuário do ADAMS/View pode acessar opções do tipo *Pick, Browse, Gueses* etc. ao pressionar o botão direito do mouse sobre campos a serem preenchidos nas caixas de diálogo do módulo. Essas opções, às vezes, fornecem ao usuário atalhos para construção do modelo.

Por exemplo, a área de visualização o ADAMS/View permite apenas vistas frontais (*Front*), topo (*Top*), direita (*Right*) e isométrica (*Iso*). As manipulações de visualização se diferem nas teclas de ajuste, assim o ADAMS/View permite o ajuste da vista corrente em tela (*Fit to view*) e (*Fit to view – no ground*). Estão disponíveis outras duas opções, que são *Align to 3 points* e *Align to object XY*, ambas tratadas na Tabela 1.4, grupo *View Control*.

Há, ainda, duas outras opções ausentes no ADAMS/Car; são elas: *Save View Settings* e *Restore View Settings*, que permitem salvar e restaurar configurações adotadas no desenvolvimento do modelo.

1.4. Módulo de Pós-processamento do MSC ADAMS

Esse módulo permite que o usuário trate dados obtidos em simulações dos módulos ADAMS/Car e ADAMS/View. Sua *interface* possui quatro modos: de animação (*Animation*), plotagem (*Plotting*), relatório (*Report*) e plotagem 3D (*Plot 3D*).

Esses modos podem ser selecionados na tela do ADAMS/PostProcessor em um campo situado no canto superior esquerdo, conforme mostra Figura 1.47. Para selecioná-los o usuário deve ativar a barra de rolagem que apresentará os modos disponíveis. A cada escolha, a área de trabalho principal (Figura 1.47), assim como algumas opções/comandos são disponibilizados, para que o usuário usufrua das funcionalidades do ambiente.

A área de tela logo abaixo dessa opção mostra uma árvore hierárquica com pastas de nomes *page_1...page_n*. O número *n* está associado às simulações realizadas no ADAMS/Car ou no ADAMS/View, pelo usuário, durante uma seção de trabalho, conforme mostra Figura 1.46. Assim, a cada simulação do usuário exportada (item 2.1.1.1) para o ADAMS/PostProcessor gerará uma nova *page*. Clicando com o botão direito do mouse sobre as pastas, o usuário terá acesso a novas opções.

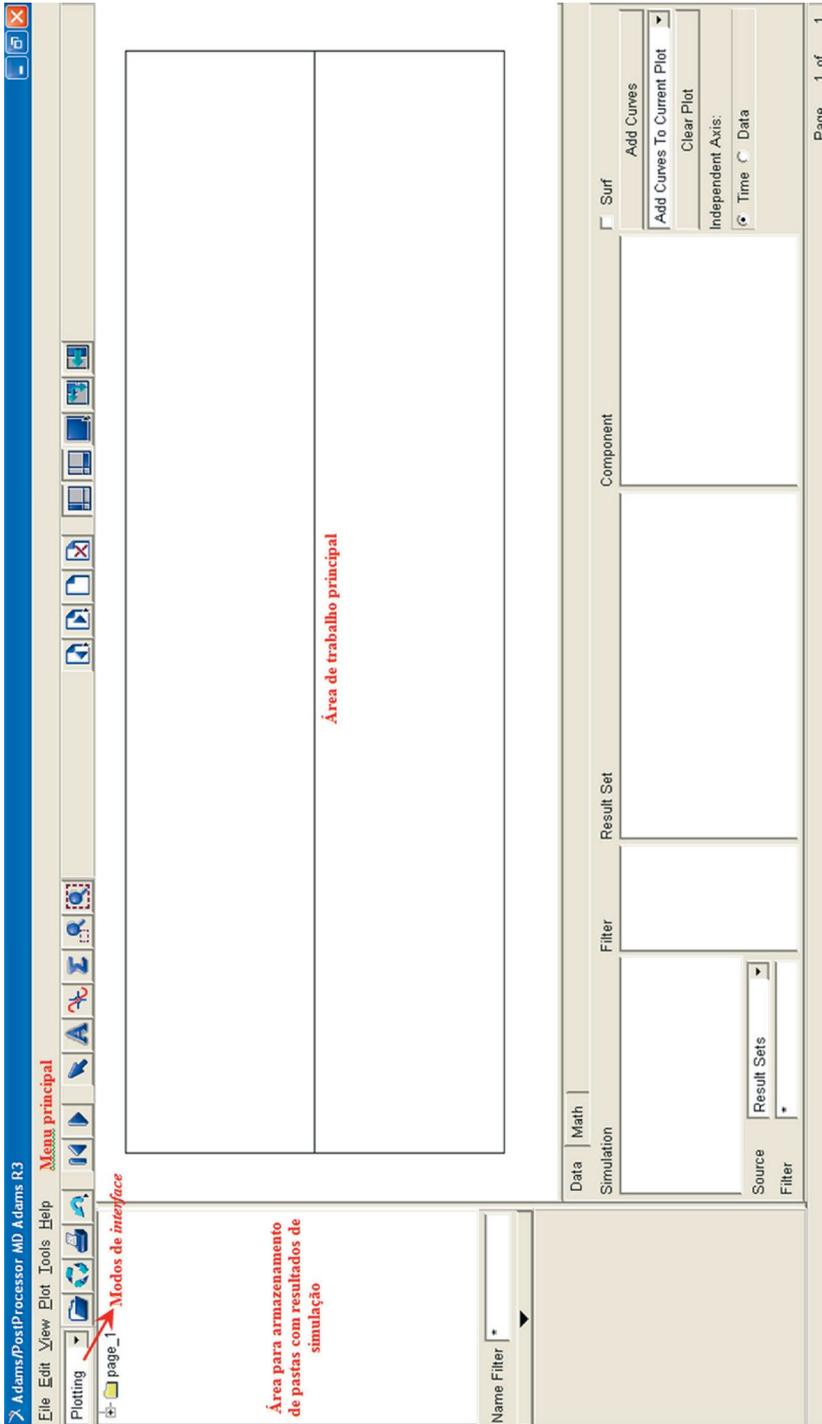


Figura 1.47 – Tela ilustrativa do módulo ADAMS/PostProcessor, opção *Plotting*.

Abaixo do menu principal, há uma série de ícones que dão ao ADAMS/PostProcessor algumas funcionalidades bastante úteis. A Tabela 1.6 traz alguns comentários, sobre cada grupo.

Outras funcionalidades estão disponíveis nesse módulo, contudo, o usuário irá tomar conhecimento delas durante a construção de modelos virtuais apresentados nos Capítulos 2 e 4.

Tabela 1.6 – Apresentação de algumas funcionalidades do ADAMS/PostProcessor.

-	Funções
	<p>1º Grupo</p> <p>Permite a importação de arquivos (Import a file).</p> <p>Possibilita recarregar simulações (Reload simulations).</p> <p>Permite a impressão (Print).</p> <p>Ícone para desfazer (Undo) comandos. A seta lateral direita expande opções apertando o botão direito do mouse sobre esse ícone. Neste caso a nova opção é o refazer (Redo)</p>
	<p>Aplicável às animações, permite que a mesma sofra um Reset animation.</p> <p>Dá início à simulação (Animate page).</p>
	<p>3º Grupo</p> <p>Ícone para seleção (Select). Ao ser utilizado iluminará o elemento da seleção.</p> <p>Ícone de inserção de texto. Para utilizá-lo clique ponto no qual se quer inserir o texto e, em seguida, escreva.</p> <p>Rastreador de plotagem (Plot tracking). Utilizando este ícone, o usuário pode rastrear sobre a curva, pontos específicos de resultado, ou seja, valores de coordenadas.</p> <p>Este ícone abre diversas opções de tratamento de curvas. Para tanto é necessário que o usuário clique sobre ele com o botão direito do mouse e outro menu se abre com as opções de soma (Add curves), subtração (Subtract one to another), multiplicação (Multiply two curves), valor absoluto (Absolute value) entre outras</p> <p>Permite o zoom em uma região específica por meio da criação de uma janela auxiliar em torno da área desejada.</p> <p>Ajusta todo o conteúdo da área de trabalho principal na janela.</p>

-	Funções
	<p>4º Grupo</p> <p>Este ícone quando expandido por meio do botão direito do mouse, permite acessar uma página anterior de pós-processamento ou mesmo acessar a 1ª página.</p> <p>Este ícone, quando expandido, por meio do botão direito do mouse, permite acessar a próxima página de pós-processamento ou mesmo acessar a última página.</p> <p>Cria uma nova página (page) na área de armazenamento de resultados de simulação.</p> <p>Deleta uma página (page) na área de armazenamento de resultados de simulação.</p>
	<p>5º Grupo</p> <p>Estes ícones se prestam à formatação da área de trabalho e visualização de plotagens e animações.</p>