FABRICAÇÃO DE UM ROBÔ DE CINEMÁTICA PARALELA PARA USINAGEM 2D

Rodrigo Yussuke Nojiri
rodrigonojiri@gmail.com

Resumo. *Costuma-se utilizar na indústria robôs com estrutura cinemática serial, ou seja, em que atuadores e peças movidas são dispostos em série, um após o outro, formando uma única cadeia cinemática aberta, com um efetuador que interage com o ambiente no último ligamento. Tem-se manifestado recentemente, no entanto, um interesse crescente pela utilização de robôs de estrutura cinemática paralela, nos quais várias cadeias cinemáticas independentes atuam de forma paralela e simultânea sobre o órgão terminal. Este tipo de arquitetura apresenta potencialmente algumas vantagens sobre as tradicionais estruturas cinemáticas seriais, entre as quais pode-se citar a leveza, rigidez, rapidez e alta capacidade de carga. Nesse contexto, objetivando-se a obtenção de um sistema que apresentasse maior rigidez quando comparado com robôs paralelos tradicionais, foi projetado em um trabalho anterior uma estrutura cinemática que ganharia rigidez pela introdução de uma barra de ancoragem ativa, obtendo-se uma estrutura redundante com mobilidade igual a 2 (dois), mas com 3 (três) atuadores operando em conjunto. Este trabalho é a continuação desse estudo anterior, e tem-se como objetivo a fabricação e montagem de um protótipo da estrutura projetada.*

Palavras chave:*. robô, cinemética paralela, usinagem, fabricação*

1. Introdução

Em geral, nas aplicações industriais predominam robôs cujas arquiteturas correspondem a estruturas cinemáticas seriais, ou seja, seus atuadores e peças movidas são dispostos em série, um após o outro, formando um único "membro" móvel, de modo a posicionar o órgão terminal, a parte do robô que comumente contêm uma garra ou um eletrodo de solda. Segundo Broghard (2002), há uma tendência mundial no sentido de expandir as aplicações atuais dos robôs industriais para tarefas envolvendo corte e solda a laser, montagem de alta precisão, retificação, fresamento, etc. Entretanto, estes robôs apresentam desempenho insatisfatório para tais tarefas porque demandam elevada precisão, rigidez, alta freqüência natural e baixo tempo de ciclo.

Devido a estes fatores, tanto a comunidade acadêmica como industrial têm manifestado um interesse crescente pela utilização de um outro tipo de estrutura cinemática, denominada paralela, que se caracteriza pela presença de vários "membros" ou "pernas", atuando de forma paralela ou simultânea sobre o órgão terminal. Esta arquitetura não-convencional apresenta, potencialmente, uma série de vantagens se comparada à tradicional serial. Dentre elas podem ser citadas: alta rigidez, leveza, rapidez, precisão e alta capacidade de carga. No entanto, apesar dos avanços conseguidos nesta direção, existem uma série de problemas abertos que necessitam de uma investigação mais profunda, de modo a garantir que esta mudança de tendência venha a ser implementada com eficácia.

2. Objetivos

Este trabalho é um prosseguimento do estudo realizado na iniciação científica e trabalho de formatura "Desenvolvimento do Protótipo de um Robô de Cinemática Paralela para Usinagem 2D com uma Barra de Ancoragem" desenvolvidos pelo aluno Vitor Neves Hartmann orientado pelo Prof. Dr. Tarcisio Antonio Hess Coelho. Nos trabalhos anteriores, foi estudada e projetada uma estrutura cinemática que visava a obtenção de uma maior rigidez que estruturas paralelas tradicionais pela introdução de uma barra de ancoragem ativa, de forma que a estrutura final apresentasse 3 (três) atuadores operando em conjunto. Sendo assim, seriam empregados três membros, todos ativos, formando uma estrutura cinemática redundante com mobilidade igual a 2 (dois).

Este trabalho procura dar sequência aos estudos anteriores, pela fabricação e construção de um protótipo da máquina já projetada. Inicialmente será fabricado um modelo da máquina proposta, de forma a se aprimorar o projeto, fabricação e comportamento do protótipo final, que será construído em seguida ao modelo, utilizando este como forma de aprendizado.

Paralelamente a este trabalho, está sendo desenvolvida e aprimorada a parte eletrônica do projeto em uma dissertação de mestrado. Assim, o escopo desse trabalho se restringe à parte mecânica, ficando o controle da máquina fora desse estudo.

3. Estruturas Cinemáticas Paralelas

Uma estrutura cinemática paralela pode ser definida como um mecanismo de cadeia fechada em que o órgão terminal (plataforma móvel) esteja conectado a uma base fixa por meio de pelo menos duas cadeias cinemáticas independentes (Merlet, 2000). Diante da definição anterior, fazem-se necessários alguns esclarecimentos quanto aos termos empregados. Entende-se por cadeia cinemática o sistema mecânico composto de peças ou segmentos ("links") conectados por juntas ou pares cinemáticos. Uma junta é responsável pela definição do movimento relativo entre duas peças por ela vinculadas. Desta forma, a caracterização de um determinado tipo de junta está intimamente associada ao número de graus de liberdade que ela permite ou restringe. Uma cadeia é dita fechada se as suas duas extremidades encontram-se unidas. Quando as duas extremidades da cadeia estão separadas, a cadeia é denominada aberta. Duas

cadeias são dependentes quando o movimento de uma cadeia é determinado pelo da outra. Por outro lado, consideram-se duas cadeias como independentes, no caso em que o movimento de uma cadeia não é afetado pelo movimento da outra. O adjetivo paralelo refere-se à forma de atuação ou acionamento do mecanismo. Tal qualificativo existe em contraposição ao termo serial, que corresponde à arquitetura predominante de robôs e máquinas-ferramenta industriais. Os mecanismos paralelos demonstram um desempenho superior aos seriais em uma comparação envolvendo vários requisitos importantes. Diferentemente dos mecanismos seriais em que suas partes móveis apóiam-se umas sobre as outras, os mecanismos paralelos são constituídos por membros que atuam sobre a plataforma móvel simultaneamente, proporcionando-lhes uma alta relação carga / peso (Merlet, 2000). Como seus atuadores localizam-se na base ou junto a esta, são muito mais leves, demonstrando também um melhor desempenho dinâmico. Além disto, os seus atuadores podem ser idênticos (Weck, Schumacher, 1998), o que resulta numa repetição de peças e também na diminuição de seu custo total. Devido à sua topologia típica, minimiza-se o acúmulo de erros dos atuadores, fator que contribui para sua alta precisão de posicionamento / orientação (Souza, 1997). Contudo, os mecanismos paralelos apresentam algumas desvantagens. Necessita-se de um controle complexo envolvendo até seis atuadores (no caso mais geral) mesmo para realizar uma simples trajetória retilínea. Existe ainda a possibilidade de colisão entre suas cadeias ativas. Além disto, apresentam uma relação desfavorável entre o seu espaço de trabalho e o volume ocupado pelo sistema. Outra desvantagem é a variação da rigidez do sistema conforme se afasta da base onde estão alojados os atuadores. Devido ao aumento do braço de atuação, a rigidez tende a diminuir, assim como a freqüência natural.

4. Barra de Ancoragem

O conceito da barra de ancoragem (Fig. (1)) nasce com uma modificação estrutural do protótipo com dois atuadores; ou seja, a introdução da barra de comprimento variável que se opõe ao movimento acompanhando a ferramenta sem alterar a trajetória desejada do mecanismo. A barra de ancoragem de comprimento variável tem dupla função passiva intencional alterando a característica de rigidez local para complementar uma rigidez global desejada do sistema, de modo a assegurar melhoria na qualidade dimensional e de acabamento superficial quando da fabricação de um produto. Assim sendo, a introdução de um outro atuador de ancoragem visa reduzir a variação de rigidez típica das estruturas cinemáticas paralelas, restringindo-a ao centro do sistema. Além disso, pode-se evitar que o sistema entre em posições de singularidades, já que o terceiro atuador pode mover o sistema mesmo que os outros dois estejam travados.

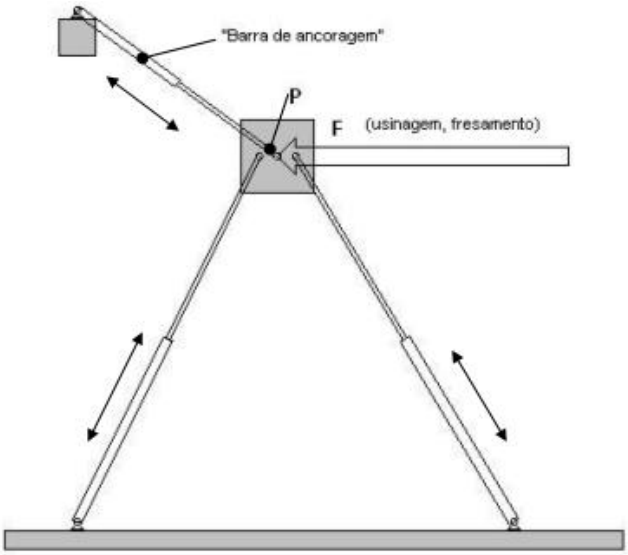
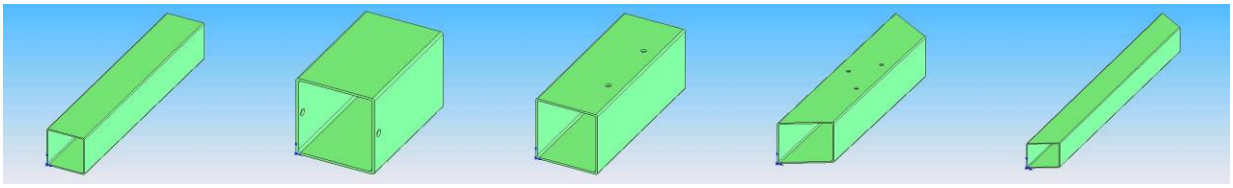


Figura 1 – Diagrama cinemático da MCP com a barra de ancoragem.

5. A Máquina

A máquina a ser construída possui 3 pernas com 3 graus de liberdade cada, resultando em uma estrutura 3PRR, ou seja, uma estrutura de mesas deslizantes com 3 pernas idênticas contendo um junta prismática, onde está o motor, seguida de duas juntas de rotação cada. Desse modo, observa-se que o órgão terminal possui 2 graus de liberdade, embora existam 3 motores. A estrutura foi projetada dessa maneira de modo a aumentar a rigidez, justamente por essa redundância causada pela adição de uma barra de ancoragem ativa.

A base será composta por tubos de aço de seção quadrada com lado 100mm, soldados entre si. Os tubos foram separados e classificados de acordo com sua forma e função exercida, existindo cinco tipos diferentes, listados na Fig. (2).



(a) (b) (c) (d) (e)

Figura 2 – Tubos de suporte: (a) Tubo vertical para sustentação do motor; (b) Tubo para fixação do motor; (c) Tubo para fixação externa das guias; (d) Tubo para fixação interna das guias; (e) Tubo de interconexão lateral.

Sobre a base, serão fixadas três guias lineares (Fig. (3)), que devem ser de fusos de esferas recirculantes de alta precisão, sendo isso fator determinante para bom desempenho da máquina. Devido ao alto custo que apresentam, procurou-se ajuda e incentivo acadêmico junto a empresas fabricantes, sendo que conseguiu-se realizar um acordo com a empresa NSK, que doou as guias.

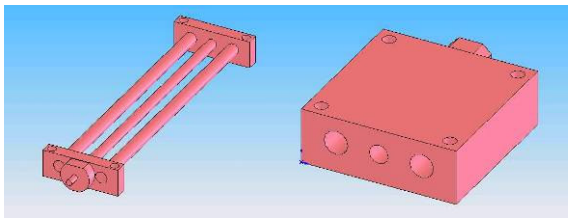
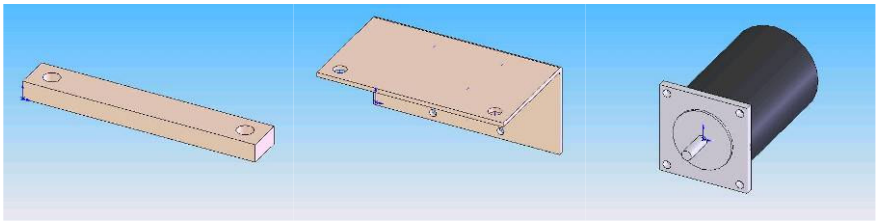
(a)  (b)

Figura 3 – Guia linear: (a) Guia e fuso de acionamento; (b) Mesa deslizante.

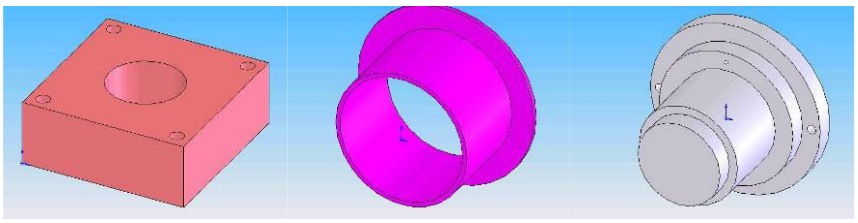
Para atuação, serão utilizados motores de passo (Fig. (4c)). Para fixação nas guias, deverão ser confeccionados suportes, como mostrados nas Fig. (4a) e (4b), que serão de alumínio.



(a) (b) (c)

Figura 4 – Motor e suporte: (a) Apoio para ajuste de altura com eixo da guia; (b) Suporte de sustentação do motor; (c) Motor de passo.

O bloco de fixação da bucha (Fig. (5a)) possui as mesmas dimensões laterais da mesa deslizante, alterando somente sua altura. A união da bucha (Fig. (5b)) com o bloco será por interferência. Os materiais utilizados serão alumínio para o bloco e cobre para a bucha. O eixo de rotação de acionamento (Fig. (5c)) possui três cilindros de dimensões crescentes, cada qual com sua finalidade.

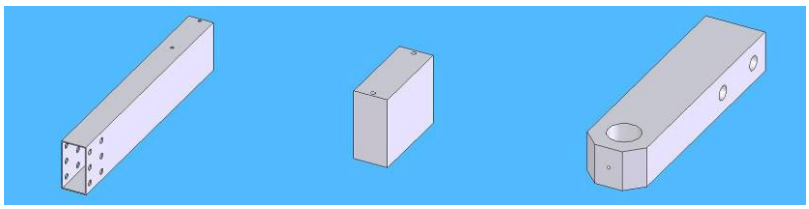


(a) (b) (c)

Figura 5 – Bloco, bucha, eixo: (a) Bloco de alumínio; (b) Bucha de cobre; (c) Eixo de rotação do braço de acionamento.

Denota-se de 1 a 4 as superfícies cilíndricas do eixo, da menor para a maior. A superfície 1 deve passar por filetagem para a criação da rosca para a fixação da porca que irá impedir o braço de subir. Isso aumenta a rigidez do sistema na medida em que elimina mais um grau de liberdade do eixo. A superfície 2, seguida do anel que contem o furo de lubrificação, é para a rotação, devendo ter qualidade h8; H8 na bucha. Os demais furos e superfícies, incluindo o furo de lubrificação, não terão nenhum tratamento especial, salvo a tradicional eliminação de rebarbas.

O braço de acionamento (Fig. (6)) possuirá três componentes principais: um tubo de seção retangular, um prisma retangular sólido e uma garra sólida na extremidade. Todos eles serão feitos de alumínio.

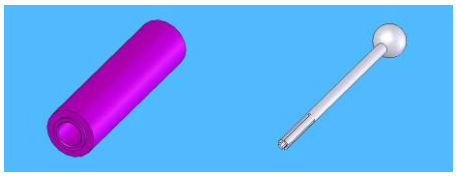


(a) (b) (c)

Figura 6 – Braço de acionamento: (a) tubo retangular; (b) prisma sólido; (c) garra do braço de acionamento.

A garra possui, em uma de suas extremidades, um furo de lubrificação. Esse furo serve para facilitar o escorregamento existente entre a garra e a bucha da ferramenta.

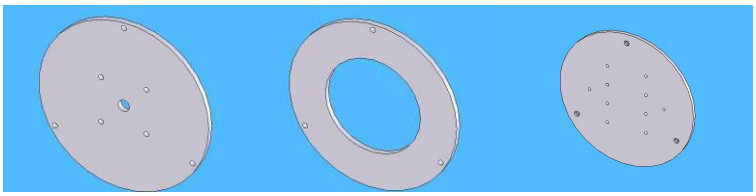
A bucha da ferramenta (Fig. (7a)) será feita de cobre, inteiriça. No cilindro de fixação (Fig. 7b) a fixação será com braçadeiras.



(a) (b)

Figura 7 – Garra da ferramenta: (a) Bucha; (b) Cilindro de fixação.

Os discos de fixação e usinagem serão feitos de alumínio e estão representados na Fig. (8).



(a) (b) (c)

Figura 8 – (a) Disco de fixação do motor; (b) Disco de suporte do motor; (c)Disco de fixação da peça.

A montagem final e disposição de todos os elementos estão representados na Fig. (9):

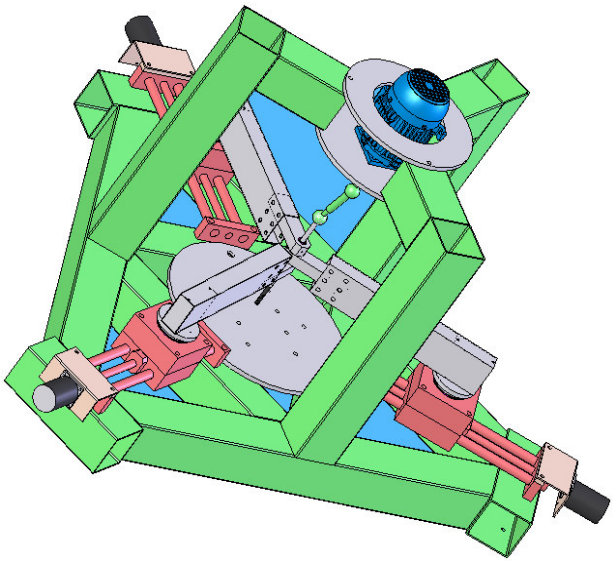


Figura 9 – Visão geral da máquina.

6. O Modelo

Definida a máquina e seu projeto, teoricamente poder-se-ia partir para sua construção. Antes da construção do protótipo final, no entanto, decidiu-se pela construção de um modelo em escala 1:2. Pela construção do modelo objetiva-se um maior conhecimento da estrutura projetada. É esperado, desse modo, a identificação de erros e acertos, problemas e pontos críticos, assim como um melhor conhecimento da máquina pela realização de testes. Com essas informações espera-se ser possível uma melhora do projeto inicial e a construção de um protótipo com melhor comportamento e características operacionais.

Para a construção do modelo foi necessário realizar adaptações no projeto, uma vez que não se dispunha das guias lineares de fusos de esferas recirculantes, e essas tiveram que ser fabricadas. Também, outras modificações tiveram que ser realizadas, por facilidade de fabricação ou pelas características dos materiais disponíveis.

Iniciando pela base, decidiu-se, ao invés de aço, pela utilização de madeira, uma vez que no modelo não será realizada a usinagem de peças, e dessa maneira, não é necessário ter uma rigidez tão grande como a do aço. Isso facilitou a fabricação da base, já que desse modo não foi necessário realizar operações de soldagem.

Outra modificação que teve que ser realizada foi com relação às guias lineares. Por se tratar de um modelo, não foram utilizadas guias lineares de esferas recirculantes devido ao seu altíssimo custo, ao contrário do protótipo. Assim, foi necessário o projeto e construção de guias para o modelo. Cada guia consiste de uma barra roscada suportada por mancais de rolamento, que, acoplada ao motor, gira, movimentando translacionalmente uma bucha também roscada. Cada bucha está ligada a um carro, este orientado por uma guia e ligado ao braço que fará a movimentação do órgão terminal.

Com a modificação das guias lineares, também foi necessária a modificação do suporte de sustentação do motor, conforme Fig. (10).

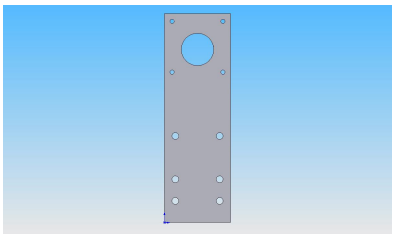
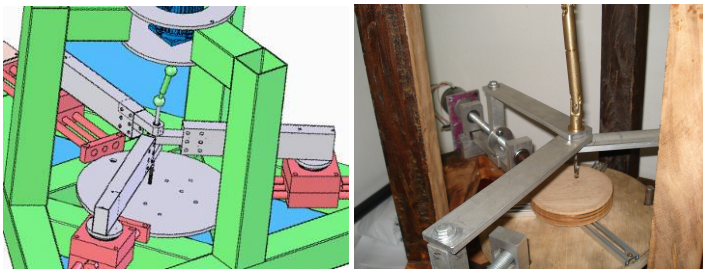


Figura 10 – Suporte do motor do modelo.

Outra simplificação realizada foi nos braços. Ao invés de ser formado por 3 peças cada, por facilidade de fabricação e pela disponibilidade de materiais, fez-se cada braço formado por uma única peça, sendo diretamente ligado ao carro e à ferramenta. Da mesma forma, ao invés do ajuste de altura do braço ser realizado pela fixação da garra no tubo, o ajuste foi feito pela fabricação dos carros com alturas diferentes. É possível a comparação dos braços no projeto original e no modelo pela Fig. (11).



(a) (b)

Figura 11 – Comparação entre braços: (a) Projeto original; (b) Modelo.

Finalmente, ao invés de alumínio, foi utilizado madeira para a fabricação dos discos.

Uma foto do modelo montado pode ser vista na Fig. (12).

Figura 12 – Foto do modelo.

7. Problemas Apresentados no Modelo e Correções Realizadas

Vários foram os problemas apresentados, sendo que a falta de precisão na usinagem das peças do modelo se mostrou o maior problema para o funcionamento adequado da máquina, uma vez que a precisão é crítica para o bom funcionamento das guias lineares, que travavam facilmente. Além disso, mostrou-se essencial a necessidade de um controle bem calibrado para evitar travamentos, uma vez que a máquina é redundante, devendo os três motores e braços trabalharem muito sincronizadamente.

Uma das guias lineares foi construída primeiro, servindo como experiência para a construção das outras duas. Após a montagem do conjunto percebeu-se que o sistema travava facilmente e que ajustes seriam necessários para um fácil deslizamento do carro sobre a guia. Percebeu-se por meio de medições com paquímetro que esse problema poderia ser causado pela falta de paralelismo entre a barra roscada, a guia e o furo no carro onde é encaixada a bucha. Para corrigir esse problema, foi preciso aumentar os furos de fixação dos mancais à base e o furo do carro, de modo a possibilitar um melhor ajuste. Além disso, foi preciso retirar material também da região de encaixe do mancal na guia, uma vez que era muito justo e não permitia um deslocamento relativo de forma que pudessem se alinhar. Após essas modificações a guia linear passou a funcionar e se partiu à fabricação das outras duas. Uma foto com o esquema do conjunto segue na Fig. (13).

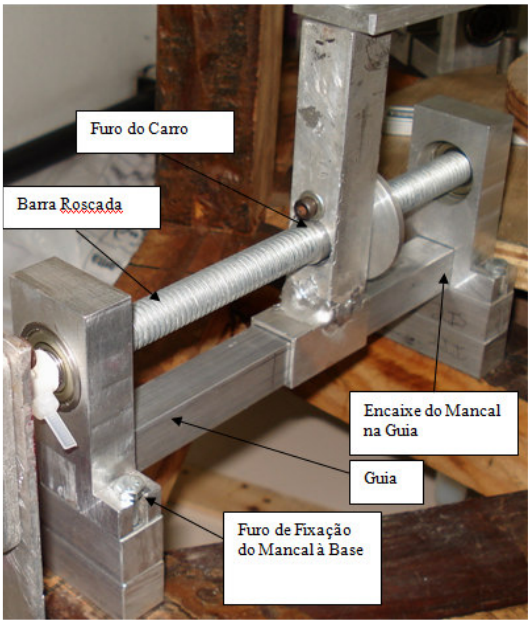


Figura 13 – Esquema do conjunto.

Baseado na experiência com a primeira guia linear, decidiu-se modificar o projeto dos mancais de forma a facilitar seu ajuste. Ao invés de ter furos para a passagem do parafuso, fez-se rasgos. Além disso, fez-se as partes de encaixe nas guias já com folga. Essa modificações permitiram um ajuste mais fácil. Porém, após a montagem das guias lineares, isso mostrou-se não ser suficiente para o funcionamento adequado dos sistemas, que travavam. Observou-se que ainda faltava o paralelismo das buchas, e para isso os furos onde essas se encaixavam tiveram que ser alargados, assim como ocorreu na primeira guia linear. Ainda sem uma melhora significativa na facilidade de movimentação do sistema, percebeu-se então, que embora a falta de paralelismo lateral tivesse sido resolvida, nada tinha sido feito com relação ao paralelismo vertical. Essa desconfiança se comprovou por meio de medidas realizadas por paquímetro, e para corrigir isso foram colocadas sob os mancais, nas posições adequadas, arruelas de espessuras adequadas. Barras e guias agora estavam paralelas, mas ainda assim existia travamento em uma das guias. Várias hipóteses foram levantadas, como falta de cilindricidade ou excentricidade da barra roscada. Contudo, a real identificação do problema se mostrou muito difícil. Decidiu-se então pela identificação do problema por eliminação. Se desmontou a guia com problemas e substituiu-se as peças uma a uma em uma guia linear que funcionava adequadamente. Identificou-se que o problema estava no carro. Após observação e análise, percebeu-se que faltava perpendicularismo entre as duas partes que tinham sido soldadas. Assim, quando se fixava a bucha no carro esta ficava inclinada, o que causava os travamentos. Colocando uma arruela de espessura adequada entre o carro e a bucha na fixação da parte superior, conseguiu-se finalmente que a guia deslizasse sem travar.

Embora as guias estivessem finalmente livres de travamentos, uma das guias ainda estava um pouco dura para girar. O motivo desse problema foi identificado como sendo a falta de alinhamento entre o eixo do motor e o da barra roscada. Para resolver isso, os furos de fixação do suporte do motor à base foram alargados, de forma a se obter um melhor posicionamento do motor.

Outro problema a ser atacado foi o acoplamento com o motor. Inicialmente, iria ser feito um acoplamento de alumínio. Porém, percebeu-se que desse modo o acoplamento seria excessivamente rígido e não teria a flexibilidade necessária, até por imprecisões de montagem e alinhamento com o eixo do motor. Para resolver esse problema acabou-

se decidindo-se pela utilização de algum material flexível, como a borracha. Acabou-se utilizando, então, pedaços de mangueira de chuveiro presos por abraçadeiras de nylon.

Com todas as pernas funcionando independentemente e sem travamentos, a máquina ainda travava quando eram ligados os motores simultaneamente e aplicado o controle. Percebeu-se então que as medidas acabaram ficando ligeiramente diferentes das do projeto e usadas no controle. Assim, foram tiradas medidas das dimensões da máquina e distância entre peças de forma a atualizar o controle da máquina do ideal para o real, assim como tiradas novas medidas do passo do motor.

8. O Protótipo

Com o modelo construído, partiu-se finalmente para o estudo do protótipo, realizando as modificações necessárias no projeto e partindo para sua construção em seguida.

Inicialmente, com o intuito de se poder estudar melhor os efeitos de deformação na máquina, optou-se por dobrar o comprimento dos braços, e logo, da estrutura como um todo.

Em seguida, viu-se necessária a realização de diversas modificações no projeto pelo fato de a guia linear oferecida pela NSK ser diferente da preterida inicialmente.

A primeira mudança foi uma modificação na configuração da base para permitir uma melhor fixação da guia linear, evitando a possibilidade de que, por imprecisões de montagem, a guia não se apoiasse corretamente nos extremos da estrutura. Na Fig. (14) é possível ver as alterações entre a base anterior e a modificada.

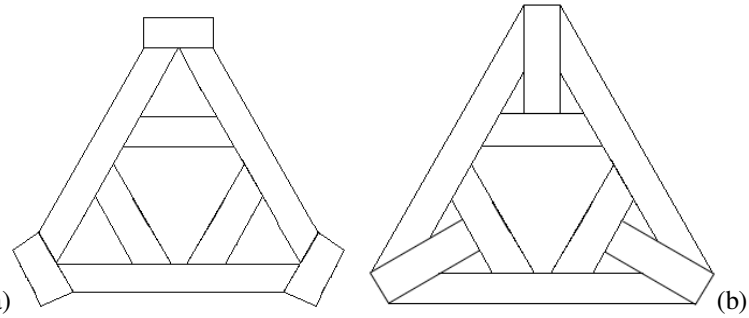
(a)  (b)

Figura 14 – Comparação entre bases: (a) Base anterior; (b) Nova base.

Com essas alterações o suporte do motor e acoplamento da haste do fuso ao motor precisaram também ser modificados. Ao invés do acoplamento direto do motor à haste, utilizaram-se polias sincronizadoras, conforme Fig.(15).

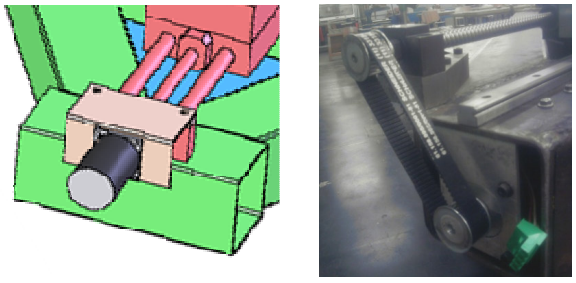
(a)  (b)

Figura 15 – Comparação do suporte do motor e transmissão: (a) Projeto Inicial; (b) Projeto Atualizado.

A próxima mudança, conforme Fig. (16), foi no bloco de fixação da bucha: a furação teve que ser alterada de forma a possibilitar a fixação no carro deslizante e na porca do fuso de esferas, agora peças separadas ao invés da peça única (mesa deslizante) do projeto inicial. Também, decidiu-se substituir a bucha do projeto inicial por uma bucha menor mais um rolamento, o que também modificou o bloco de fixação da bucha por ser necessário adicionar um encosto.

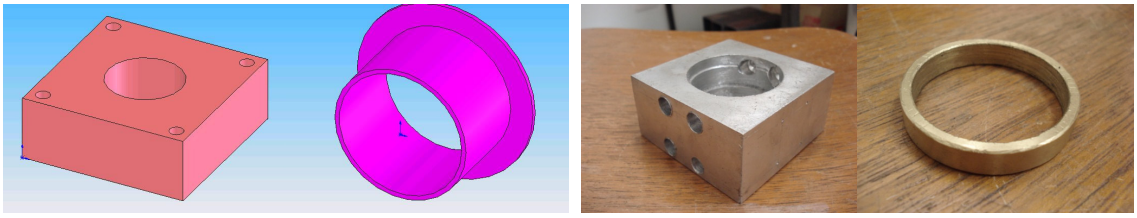
(a)  (b)

Figura 161 – Bloco de Fixação da Bucha e Bucha: (a) Projeto Inicial; (b) Projeto Atualizado.

Foi necessário também o projeto de uma peça para unir a porca do fuso de esferas ao bloco de fixação da bucha e o projeto de suportes para os mancais das hastes dos fusos de esferas para fixação na base e correto posicionamento vertical. Fotos dessas peças são mostrados na Fig. (17).

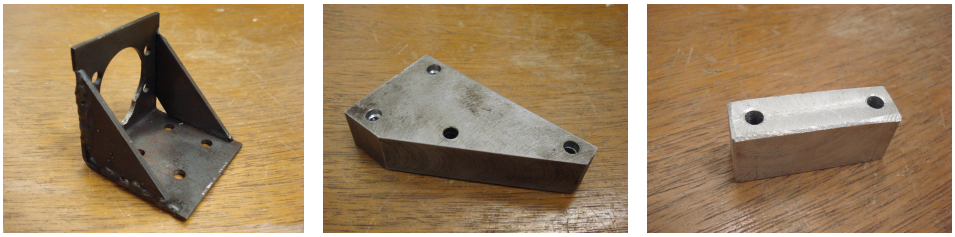
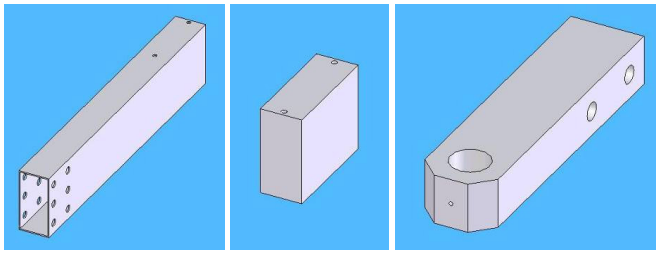


Figura 17 – Peça de união e suportes dos mancais.

Finalmente, por disponibilidade de material, mudou-se o tubo do braço de acionamento para um perfil de seção quadrada, mudança essa que exigiu adaptação nas medidas da garra e prisma sólido (Fig. (18)). Além disso, ao invés de bucha decidiu-se usar rolamento na garra.

(a)



(b)

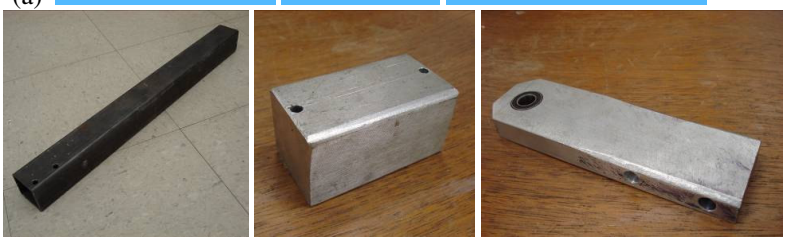


Figura 18 – Braço de acionamento, prisma e garra: (a) Projeto Inicial; (b) Projeto Atualizado.

Assim, com as modificações e desenhos feitos, pôde-se começar a fabricação das peças e montagem da máquina. Nesse processo, por questões de tempo, e embora os tubos de seção quadrada da parte 3D e discos de fixação do motor já tivessem sido fabricados, acabou-se reduzindo o escopo do projeto para a montagem da parte 2D da máquina. Na Fig. (19) pode-se ver uma fotografia do protótipo montado.

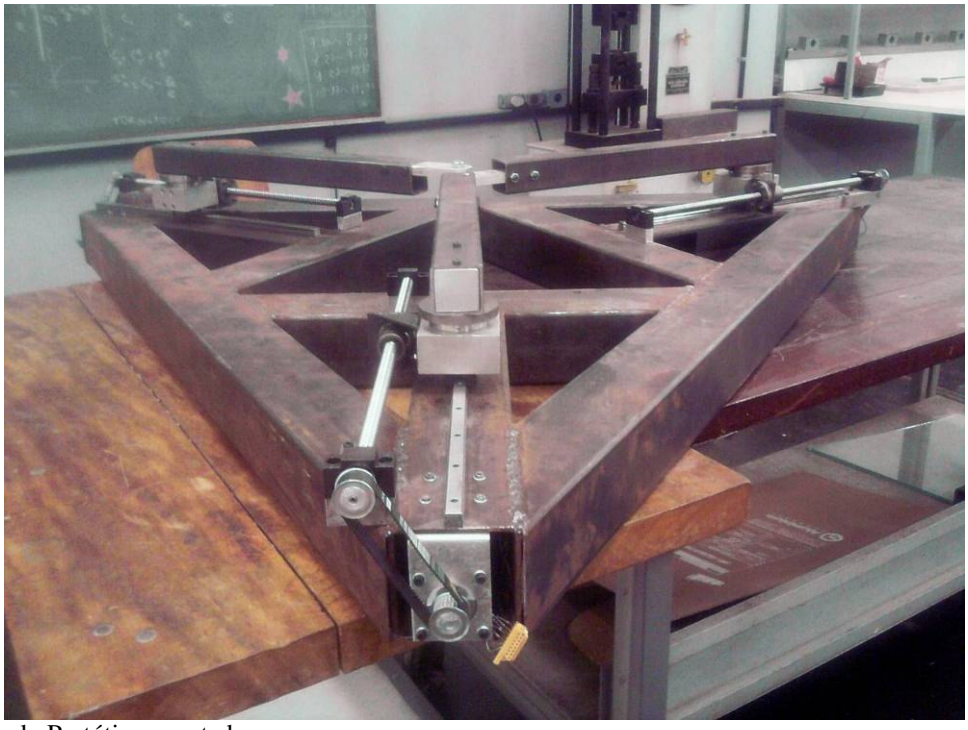


Figura 19 – Foto do Protótipo montado.

9. Problemas Apresentados no Protótipo e Correções Realizadas

Ao contrário do modelo em que a fabricação das peças foi mais fácil e a montagem e ajustes mais problemático, no protótipo ocorreu justamente a situação inversa.

A primeira dificuldade foi cortar os perfis de seção quadrada em ângulos de 30 e 60º, operação que poderia ser feita na fresa, mas a quantidade de material a ser retirada em cada peça seria muita e os cortes a serem feitos numerosos (doze), o que demandaria tempo e trabalho que poderiam ser economizados realizando esse corte diretamente na serra circular. Inicialmente, construíram-se duas peças com as inclinações corretas para serem colocadas entre o tubo a ser usinado e a prensa da serra. Essas peças tinham borracha na sua extremidade para garantir o atrito necessário para que o tubo não escorregasse. Embora a solução tenha funcionado, era muito difícil o posicionamento correto do tubo de forma que tivesse o comprimento correto, pois quando se fechava a prensa, o tubo acabava se movendo um pouco da posição inicial desejada. Dessa forma, criou-se uma segunda solução, que permitiu um melhor posicionamento do tubo: ao invés de fixar as peças pelo dispositivo de prensa da serra, fixaram-se os tubos na posição adequada com o uso de um sargento.

Teve-se bastante dificuldade também na usinagem do bloco de fixação da bucha. Primeiramente, não havia broca com o comprimento necessário para fazer um furo passante na peça. Para resolver isso, bastou-se furar até metade da peça em cada lado, de forma que os furos se encontrassem. Porém, sobre esses furos era necessário realizar uma nova furação de diâmetro maior, e embora na teoria isso parecesse fácil, na prática se mostrou bastante complicado, já que devido à curvatura do furo do pino, a broca começava a se entortar, deslocando o furo e tendo chegado inclusive a quebrar uma broca. Ao mesmo tempo, não havia fresa de comprimento suficiente para realizar essa operação. Desse modo, a usinagem teve que ser realizada com a broca e muito lentamente. Assim, essa foi uma peça de difícil fabricação, mas que percebeu-se que o erro se encontrava no projeto, que não previu essas dificuldades.

Outras peças problemáticas de se fabricar foram os discos. Primeiramente, por seu diâmetro externo ser maior que o possível de se tornear com as máquinas do laboratório, usou-se a guilhotina realizando diversos cortes até se aproximar de uma forma circular e depois se fez um acabamento com o rebolo. Depois, teve-se dificuldade também em realizar o diâmetro interior do disco de suporte do motor, pois a chapa era muito fina e vibrava ao tornear. Tentou-se por broqueamento, mas o disco vibrava muito, tendo feito inclusive a ferramenta de corte quebrar. Conseguiu-se depois realizar a operação por faceamento.

Outra dificuldade foi a falta de ferramentas no laboratório de usinagem da mecatrônica. Fatores como fresas, serras e brocas já excessivamente desgastados ou com partes ou dentes quebrados contribuíram bastante com o aumento do tempo de fabricação e atraso do projeto como um todo. Muitas vezes não havia as ferramentas necessárias no laboratório, sendo necessário procurar outras fontes ou até mesmo improvisar alternativas.

Falta de disponibilidade dos técnicos em ajudar foi outro fator que contribuiu com o atraso.

Finalmente a falta de experiência no manejo das máquinas de usinagem e erros de execução foi outro fator que pesou no projeto como um todo.

10. Conclusões

O trabalho propunha a construção de um robô para usinagem com arquitetura paralela, buscando pela introdução de uma barra de ancoragem ativa um aumento da rigidez com relação às estruturas paralelas tradicionais. A análise experimental da máquina, no entanto, só será possível futuramente, primeiro porque ainda se falta montar a parte 3D do protótipo, e depois porque foge do escopo desse trabalho. A análise de precisão da máquina e otimização paramétrica são temas de uma tese de doutorado que está sendo realizada sobre a mesma máquina e a finalização do protótipo se dará em um futuro trabalho, provavelmente outro trabalho de formatura.

11. Referências

Broghard, T. PKM Research - Important Issues, as seen from a Product Development Perspective at ABB Robotics. In: Proceedings of the WORKSHOP on Fundamental Issues and Future Research Directions for Parallel Mechanisms and Manipulators, pp 68-82, Quebec, October 3-4, 2002.

Hartmann, V. N., Desenvolvimento do Protótipo de um Robô de Cinemática Paralela para Usinagem 2D com uma Barra de Ancoragem, Trabalho de Formatura, 2007.

Merlet, J. P., Parallel robots, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2000

Souza, C. H. J. Análise da Posição e orientação da Plataforma de Stewart tipo 3-3 em função de erros nos atuadores, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, 1997.

Weck, M., Schumacher, A., "Machine tools for high speed machining", Laboratory for Machine tools and production engineering (WZL) at AAchen University of Technology, 1998.

Manufacturing of a Parallel Kinematic Robot for 2D Machining

Rodrigo Yussuke Nojiri
rodrigonojiri@gmail.com

Abstract. The abstract text is to be included here. Commonly, in indutrial applications robots whose architectures are serial prevail, meaning that its actuators and moving parts are serially connected, one after the other, building a unique open chain, with a manipulator that interacts with the invironment in the terminal organ. Recently, however, growing interest on the use of parallel structure has been shown. In this architecture, various independent kinematic chains act parallelly and simultaneously over the terminal organ. This kind of architecture shows potentially some advantages over traditional kinematic structures, such as high rigidity, slightness, rapidity and high load capacity.

In this context, pursuing the obtention of a system with more rigidity than traditional parallel robots, in a previous work has been projected a kinematic structure that would gain rigidity by the introduction of an active anchorage bar, attaining a redundant structure with mobility 2 (two), but with 3 (three) actuators operating together. This work is the continuation of this previous study and has the objective of manufacturing and assembling a prototype of the projected structure.

Keywords. *robot, parallel kinematic, machining, manufacturing*