

# PROJETO DE UMA MÁQUINA ARREMESSADORA DE BOLAS DE BEISEBOL

**Rodolfo Ferreira Luz**

rodruz@gmail.com.br

**Rodrigo Augusto Frey Sabato**

rodrigossabato@hotmail.com

**Resumo:** O presente trabalho tem por objetivo desenvolver um projeto de uma máquina arremessadora de bolas de beisebol, capaz de auxiliar atletas de nível universitário a praticar e exercitar habilidades requeridas no esporte. Esse processo, dividido em duas fases, se iniciou após terem sido obtidos os resultados do Estudo de Viabilidade, no qual atestamos que existe a necessidade para tal produto, e determinamos algumas de suas principais características construtivas. Teve início, então, a primeira fase (referente ao projeto da máquina) onde o dimensionamento das peças e sistemas que constituem tal máquina foi feito, tendo em mente não só os resultados esperados, como a praticidade empregada em obtê-los. Através de diferentes técnicas, para os diferentes sistemas da máquina foi possível projetar, de forma prática, o sistema de alimentação (responsável por levar a bola até o ponto de arremesso), o sistema de arremesso (com o auxílio de motores e rolo), e o sistema de suporte e fixação (responsável por manter o equipamento fixo e estável numa mesma posição). Terminada essa etapa, a segunda fase do projeto se baseou em construir o protótipo da máquina, seguindo as especificações obtidas na primeira etapa.

**Palavras chave:** arremessadora, máquina, beisebol, projeto.

## 1. Introdução

De acordo com o Estudo de Viabilidade previamente desenvolvido, obtivemos as principais características que nortearão tanto o projeto quanto a construção da máquina arremessadora, representadas na tabela 1.1.

Após análises e comparações dos principais tipos de máquinas encontrados no mercado, chegamos à solução que se encaixa melhor aos objetivos estipulados no princípio do trabalho, respeitando os parâmetros funcionais, operacionais e construtivos citados no Estudo de Viabilidade. Tal decisão baseou-se na tabela de funções e alternativas de projeto (tabela 1.2), e conseqüente matriz de decisão (tabela 1.3).

*Tabela 1.1: Alternativas de projeto.*

FUNÇÕES	A	B	C
I - Sistema de Alimentação	Alimentação Superior por Canaleta	Alimentação Superior por Afunilamento	AUSENTE
II - Sistema de Sustentação	Tripé Rígido	Tripé Articulado	Tripé Apoiado
III - Sistema de Lançamento	Rolos Verticais	Rolos Horizontais	Compressor
IV - Transporte manual	Alças	Rodas	AUSENTE

Tabela 1.2: Caracterização das Soluções

FUNÇÕES	ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO			
	Arremessadora de Bolas Rápidas	Arremessadora de Bolas curvas "Side Spin"	Arremessadora de Bolas Curvas "Top or Back Spin"	Arremessadora de Bolas Curvas Mistas
I - Sistema de Alimentação	A, B ou C	A ou C	A ou C	A ou C
II - Sistema de Sustentação	A, B ou C	A, B ou C	A, B ou C	A, B ou C
III - Sistema de Lançamento	C	A	B	A e B
IV - Transporte manual	A ou B	B ou C	B ou C	B ou C

Tabela 1.3: Matriz de Decisão.

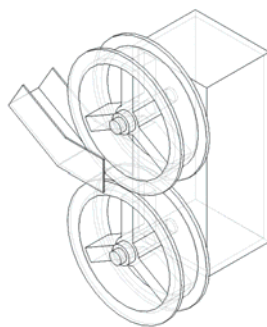
ATRIBUTO	PESO	Arremessadora de Bolas Rápidas		Arremessadora de Bolas curvas "Side Spin"		Arremessadora de Bolas Curvas "Top or Back Spin"		Arremessadora de Bolas Curvas Mistas	
		nota	npx	nota	npx	nota	npx	nota	npx
Peso da Arremessadora	0,12	4	0,48	6	0,72	6	0,72	4	0,48
Precisão nos arremessos	0,15	7	1,05	6	0,90	6	0,90	6	0,90
Velocidade atingida	0,12	5	0,60	4	0,48	4	0,48	4	0,48
Rigidez Estrutural	0,12	7	0,84	5	0,60	6	0,72	3	0,36
Confiabilidade	0,18	2	0,36	6	1,08	6	1,08	5	0,90
Durabilidade	0,09	4	0,36	4	0,36	7	0,63	6	0,54
Custo de fabricação	0,09	7	0,63	5	0,45	5	0,45	5	0,45
Investimento necessário	0,07	4	0,28	5	0,35	5	0,35	4	0,28
Utilização de componentes padrão	0,06	7	0,42	6	0,36	6	0,36	5	0,30
Soma	1		5,02		5,30		5,69		4,69

Portanto, a solução escolhida foi uma Máquina Arremessadora de Bolas Curvas “Top or Back Spin” com base de sustentação na forma de tripé com rodas, com sistema de lançamento por rolos verticais e sistema de alimentação superior por canaleta. Tal solução se baseia na idéia da figura 1.1.



Figura 1.1: Exemplo de uma máquina arremessadora com sistema de lançamento por rolos.

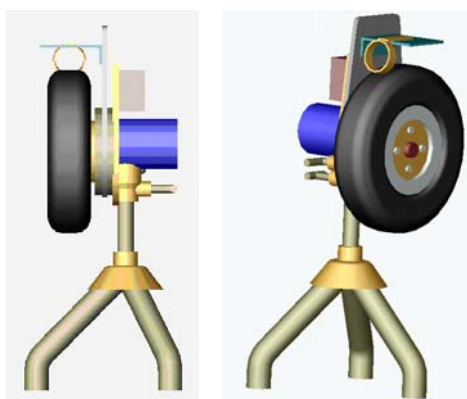
A solução escolhida inicialmente (com dois rolos verticais) encontra-se esquematizada na Figura 1.2 a seguir:



*Figura 1.2: Ilustração da ideia inicial da máquina.*

No entanto, surgiu uma discussão quanto ao número e utilização dos motores que controlariam tais rolos. Duas idéias foram apresentadas e discutidas: utilizar dois motores, sendo que cada um controlaria um rolo independentemente, ou a utilização de apenas um motor, com um redutor que transmitisse rotações iguais a ambos os rolos.

Como nenhuma das alternativas atendeu às expectativas integralmente, foi tomada a decisão de modificar um pouco o projeto, baseado na observação de uma máquina desativada, durante visita ao campo do Gigantes. A nova idéia consiste em utilizar uma placa oposta ao rolo inferior, fazendo o papel do rolo superior, comprimindo a bola e efetuando o arremesso. O esquema da nova idéia é apresentado na figura que segue (figura 1.3):



*Figura 1.3. Projeto final da*

*máquina.*

## **2. Dimensionamento**

O primeiro passo do projeto consistiu na seleção da roda adequada e de um motor capaz de desenvolver a potência necessária pra se efetuar o arremesso à velocidade especificada. A seleção do motor foi feita com base nas características da bola e da rola selecionadas. Esse processo de seleção de motor foi iterativo e quando houve modificações nas características desses elementos, essas foram devidamente contabilizadas. As características da bola, motor e roda são apresentadas nos próximos tópicos.

### **2.1 Características do arremesso e da bola**

Antes de se iniciar os cálculos, foram coletadas algumas informações sobre a bola. A bola oficial utilizada pela liga profissional americana (vide figura 8.1.1), descrita na página eletrônica da *major league baseball* [1], apresenta as seguintes características:

- Diâmetro = 3,25'' = 82,55 mm
- Massa = 150 g

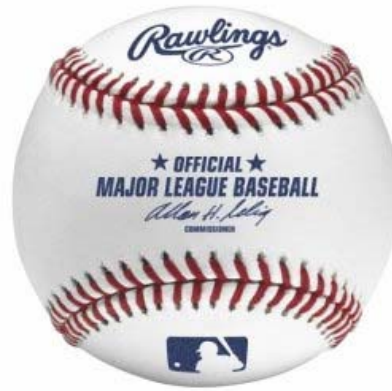


Figura 8.1.1: Foto de bola oficial

Como requisitos de projeto, têm-se, portanto:

- Massa da bola de beisebol: 0,150 Kg
- Intervalo de velocidades aceitáveis para o arremesso: entre 20 m/s e 30 m/s (intervalo aceitável para o nível universitário)
- Distância do Arremessador até a base: 20 m

## 2.2 Seleção do motor

De maneira a se reduzir os custos, foi selecionado inicialmente um motor de liquidificador comum. Além de atingir os requisitos de projeto tais como potência e rotação, trata-se de um motor extremamente leve, contribuindo, portanto, para o objetivo de facilidade de transporte da Máquina Arremessadora. De posse dos resultados anteriores, foi selecionado o motor Arno, do modelo de liquidificador Performa Magic Clean, que opera com frequência de 60 Hz, voltagem 110/220V, potência de 450 W, rotação 1750 rpm e consumo de energia de 0,15 kW/h.

## 2.3 Características e dimensionamento da roda

Utilizando o critério de projeto com apenas uma roda para se imprimir velocidade ao projétil, é apresentada na figura 2.3.1 o esquema de cálculo das velocidades da bola e da roda durante o arremesso.

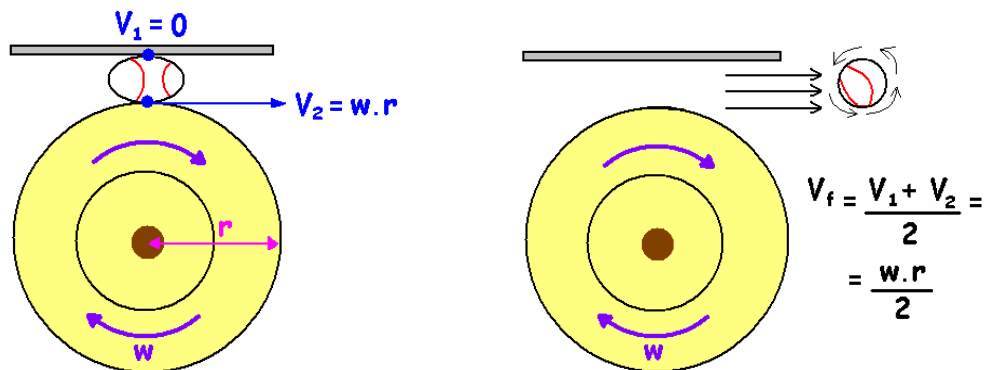


Figura 2.3.1: Velocidade Periférica da Roda e da Bola.

$V_1$  é a velocidade da parte superior da bola, em contato com a chapa.

$V_2$  é a velocidade da parte inferior da bola, em contato com a roda.

$V_f$  é a velocidade final de arremesso, média das duas velocidades 1 e 2.

$\omega$  é a velocidade angular da roda, determinada pela rotação do motor.

$r$  é o raio da roda utilizada.

A partir deste esquema, nota-se que a velocidade periférica da roda deve ser o dobro da requisitada para a bola. Além disso, para se imprimir a velocidade desejada à bola, o impulso sobre a mesma durante o arremesso deve ser igual ao impulso que a roda é capaz de gerar. Assim, como requisitos de projeto, têm-se:

- Velocidade periférica mínima da roda:  $v_p = 2 \cdot v = 40 \text{ m/s}$
- Rotação do motor: 1750 RPM

Deste modo, obteve-se a potência necessária para o arremesso:

- Raio da roda:

$$v = \omega \cdot r \rightarrow r = \frac{v}{\omega} \quad (m)$$

Os resultados obtidos estão dispostos na tabela 2.3.1.

Tabela 2.3.1: Potência Necessária no Arremesso

Parâmetro	Valor médio
Rotação ( $\omega$ )	1750 rpm = 185 rad/s
Velocidade esperada ( $V_f$ )	70 km/h = 19,4 m/s
Dimensionamento do Raio da Roda ( $r$ )	209,7 mm
Raio da roda utilizada ( $r$ )	$8'' = 203,2 \text{ mm}$

O sistema de sustentação foi projetado de modo a não só ser capaz de suportar todo o peso da máquina como também garantir estabilidade. Através de observações dos diferentes modos de configuração existentes, optou-se pelo modo de sustentação por tripé articulado. Fazendo-se uso de um modelo de barra com uma força normal, determinou-se o diâmetro e a espessura do tubo do tripé suficiente para resistir à flambagem.

### 3. Construção do Projeto

A montagem do protótipo foi iniciada com a fixação da roda ao eixo do motor, com a utilização da chaveta e das buchas, interna e externa, todas ilustradas na figura 12.1 e projetadas conforme os conceitos de fabricação presentes em NORTON, 1994 [2].



Figura 12.1: Buchas da roda e chaveta de fixação.

A bucha interna da roda foi então fixada ao eixo do motor com auxílio da chaveta (como ilustrado na figura 12.2) para depois prender a roda, que foi comprimida pelas duas buchas (como mostrado na figura 12.3).



*Figura 12.2: Bucha interna da roda, já fixada ao eixo do motor.*



*Figura 12.3: Buchas que se contrapõem, prensando a roda, e mantendo-a fixa.*

Pelo sistema descrito das buchas, que prensam a roda, foi possível então fixar a roda (figura 12.4) com a utilização de um parafuso, passando pelo centro das duas buchas que garantiu o aperto necessário entre elas. Foi decidido utilizar três pontos de solda entre a roda e a bucha externa como forma de evitar que a roda se soltasse, caso o motor fosse ligado no sentido de rotação inversa por engano (desapertando, dessa forma, o parafuso) e também para garantir que o esforço rotativo fosse transmitido integralmente das buchas para a roda (minimizando o deslizamento entre as partes). O resultado final de tal operação é facilmente visualizado na figura 12.5.



*Figura 12.4: Bucha externa entrando para prensar a roda, fixando-a.*



*Figura 12.5: Roda já fixada, com auxílio do parafuso e pontos de solda.*

Com a roda fixada ao motor, deu-se início à fixação do motor à sua base. Tal peça é apresentada na figura 12.6.



*Figura 12.6: Base do motor.*

O motor foi fixado à sua base através de parafusos (nos buracos previamente especificados no desenho) e o resultado final dessa etapa de montagem é mostrado na figura 12.7. Finalmente a base, juntamente com o motor já fixado a ela, foi encaixada no sistema de sustentação com tripés (descritos nos desenhos de fabricação de números 7 e 8) e teve a chapa responsável pelo arremesso acoplada a ela, dando origem ao resultado final da montagem: a máquina pronta (apresentada na figura 12.8).



*Figura 12.7: Motor fixado à sua base.*





*Figura 12.8: Máquina pronta.*

#### **4. Sugestão para Trabalhos Futuros**

Através dos testes realizados foi possível encontrar alguns problemas, e algumas sugestões foram propostas no caso de haver interesse em otimizar os resultados obtidos nesse trabalho em uma etapa posterior de desenvolvimento:

a) **Peso excessivo**

O peso acima do especificado se deveu ao fato de se ter utilizado tubos, chapas e motor superdimensionados. Isso ocorreu, no caso dos tubos, por serem os materiais mais fáceis de serem encontrados comercialmente. Logo, a fim de se reduzir o peso, bastaria adquirir materiais de acordo com o dimensionamento real do projeto. Com relação ao motor, conforme já foi discutido, somente foi utilizado um motor do tipo especificado, muito mais potente do que o necessário, por se tratar de um empréstimo, minimizando bastante os custos e tornando o projeto viável a níveis experimentais. Se a produção em larga escala fosse algo desejado, seria possível substituí-lo por uma versão muito mais leve e menos potente, mantendo os mesmos resultados práticos, desde que o eixo fosse mais robusto e capaz de sustentar o peso da roda em balanço (o que não era o caso do motor inicial desse trabalho).

b) **Vibração excessiva**

Quanto à vibração excessiva, isto se deveu a duas causas principais: roda desbalanceada e ausência de coxins. A roda estava desbalanceada pois se tratava de uma roda de carrinho de mão, de baixo custo e cujo uso cotidiano não requer muita precisão. Assim, para minimizar os efeitos de vibração, uma saída viável seria comprar uma roda mais balanceada, de preferência as que já são usadas em outras máquinas arremessadoras de bolas de beisebol, pois estas possuem roda com perfil trapezoidal, são balanceadas e maximizam o contato da roda com a bola.

A fixação do motor à sua base foi feita de maneira rígida. Logo, sugere-se o uso de coxins nesta fixação para diminuir a passagem da vibração do motor para o restante da máquina.

c) **Dificuldade de Transporte**

Quanto ao transporte, a dificuldade em se transportar a máquina se deve a ausência de locais para se segurar a máquina e ao seu peso excessivo. Uma vez que o aspecto peso já foi tratado, sugere-se instalar duas



alças à base do motor e rodas de cadeira à base do tripé, o que ajudará consideravelmente no transporte da máquina.

De maneira a tornar a máquina arremessadora de bolas de beisebol um produto mais atrativo comercialmente são feitas as seguintes sugestões:

a) Sistema de alimentação

É imprescindível a existência de um armazenador de bolas, além de um sistema de alimentação adequado para a máquina que ajudariam consideravelmente na comercialização do produto. Essas medidas possibilitariam ao usuário a possibilidade de se usar a máquina por um maior período de tempo sem se preocupar com o recarregamento da mesma.

b) Acionamento do arremesso à distância

A possibilidade de se acionar o arremesso à distância é muito interessante uma vez que permite ao usuário rebater a bola apenas quando estiver realmente preparado para tal. Por exemplo, com o usuário posicionado no local para rebatida, ele mesmo aciona um pedal (ligado à máquina por um fio) que faz com que a bola passe do sistema armazenador para o de lançamento. Deste modo, o usuário tem maior liberdade para controlar os arremessos.

c) Ajuste no ângulo de arremesso

Ajuste no ângulo de arremesso possibilita diferentes tipos de treinamento, desde as rebatidas de bolas baixas à recepção de bolas altas ("Fly Balls") com luvas, por parte da defesa.

## 5. **Conclusão**

A concepção da máquina arremessadora de bolas de beisebol foi dividida em duas partes distintas, porém inter-relacionadas: a de projeto e a de construção. Na primeira, todo o dimensionamento da máquina e suas partes, bem como seu princípio e condições de funcionamento foram estimados de forma a servirem como metas a serem atingidas na segunda etapa, seguindo a metodologia descrita. Durante a construção, embora algumas modificações e adaptações tenham sido necessárias, foram feitos esforços para que os resultados obtidos na primeira fase fossem utilizados e alcançados com a máxima precisão e fidelidade possível.

Após feita a análise da metodologia a ser utilizada no dimensionamento da máquina e seus sistemas constituintes, pôde-se perceber que todo o processo referente a projetar a máquina, apesar de trabalhoso, não foi de grande complexidade. A dificuldade maior foi encontrada durante a fabricação do protótipo, onde os resultados obtidos inicialmente sofreram ajustes e melhorias (à medida que obstáculos e restrições que não haviam sido previstos na fase de projeto foram sendo encontrados), e as soluções adotadas tiveram de visar não só o bom funcionamento da máquina, mas também a minimização de desperdícios de tempo e recursos.

Após o término da construção do protótipo, deu-se início aos testes práticos da máquina, obtendo, portanto resultados concretos a respeito da mesma. A máquina arremessou a bola na distância especificada (20m), mas com uma velocidade um pouco inferior a de projeto ( $V_{medida}=61,3$  Km/h e  $V_{projeto}=65$  km/h). A máquina apresentou grande precisão (73% dos arremessos atingiram o alvo), mas apresentou grande vibração o que prejudicou o aspecto segurança.

Apesar de estar dentro dos limites dimensionais (95x60x55cm), a máquina ficou acima do peso ideal ( $P_{medido}=33,6$  Kgf e  $P_{projeto}=25$ Kgf).

Por fim, a máquina mostrou-se bastante robusta uma vez que, após 2 meses de uso quase que praticamente ininterruptos, não apresentou nenhum problema elétrico ou mecânico.

## 5. Referências Bibliográficas

[1] Dados sobre o Beisebol Internacional. Disponível em: < <http://www.mlb.com> >. Acesso em: 18 de março de 2006.

[2] NORTON, R. L. Projeto de máquinas, São Paulo, Bookman, 2ª Ed, 1994.

## Direitos autorais

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

## PROJECT OF AN AUTOMATIC BASEBALL PITCHER MACHINE

**Rodolfo Ferreira Luz**

rodluz@gmail.com

**Rodrigo Augusto Frey Sabato**

rodrigossabato@hotmail.com

**Abstract.** *The objective of this present work is to develop a Project of an automatic baseball pitcher machine, capable of helping athletes at a college level to practice and improve their skills at the sport. This process, divided into two phases, started after the results achieved at the “Feasibility Study”, where it was found that there is a need for this kind of product in Brazil, and also some of its main constructive characteristics were determined. The first phase (related to the project itself) could then begin with the calculations of the pieces and systems of the machine, keeping in mind not only the expected results, but also the practical form of obtaining them. Through different techniques, as described above, it was possible to determine the forms and functions of the feeding system (responsible for taking the ball to the pitching point), the pitching system (helped by electric engines and rolls), and the support system (responsible for maintaining the machine stable at a given position). Done with this stage, it was possible to proceed to the second phase of the project which consisted on building the machine prototype.*

**Keywords.** *pitcher, machine, baseball, project.*