



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
DEPARTAMENTO DE PRODUTOS FLORESTAIS**

**Utilização de madeira na tecnologia de construção de arcos
tradicionais e laminados para tiro com arco**

LUIZ FELIPE MACHADO DE SANT'ANNA NETO

**ORIENTADOR:
ROBERTO CARLOS COSTA LELIS**

Seropédica, RJ
Dezembro de 2008

Utilização de madeira na tecnologia de construção de arcos tradicionais e laminados para tiro com arco

LUIZ FELIPE MACHADO DE SANT'ANNA NETO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Sob Orientação do Professor

ROBERTO CARLOS COSTA LELIS

Seropédica, RJ
Dezembro de 2008

Utilização de madeira na tecnologia de construção de arcos tradicionais e laminados para tiro com arco

LUIZ FELIPE MACHADO DE SANT'ANNA NETO

Monografia aprovada em: 05/12/2008.

Prof. Roberto Carlos Costa Lelis
ORIENTADOR
DPF/IF/UFRRJ

Profª. Rosilei A. Garcia
Membro Titular
DPF/IF/UFRRJ

Prof. Alexandre Monteiro de Carvalho
Membro Titular
DPF/IF/UFRRJ

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família, Thereza Christina e Marco Aurélio, em especial, que dedicaram seu tempo, carinho e ajuda nos momentos difíceis, esforçando-se para que me tornasse uma pessoa de caráter e um bom cidadão;

Aos meus amigos de arco, em especial Renato Emilio, Carlos Frascari, Michelle Flotêr, Luiz Antônio França, Arci Kempner e Cláudio Meksyk, que em algum momento da minha formação no tiro me incentivaram com palavras, mesmo poucas e me ajudaram a me fortalecer em momentos que foram decisivos para mim, ensinando-me a seguir frente, a ter dedicação e a não desistir;

Ao meu orientador e amigo, Prof. Roberto Carlos Lelis, pelo apoio, dedicação e ajuda;

A todos os professores da UFRRJ que contribuíram para minha formação e aprendizado acadêmico, profissional e pessoal;

A todos os meus amigos, que considero como irmãos, e sempre me apoiaram em momentos difíceis e estiveram ao meu lado em todos os momentos;

À Roberta Altoe, por todo seu carinho e “colo”, e por vezes, cuidados que me deu em todos os momentos, sendo muito mais que uma amiga;

Ao Leonardo Medina, pela sua amizade e apoio de longa data, amigo leal e meu grande irmão;

A todos que passaram pela minha vida e deixaram algum ensinamento imprescindível para mim.

RESUMO

A utilização e o desenvolvimento do arco e flecha fascinaram e continuam a fascinar o homem moderno. A provável explicação para isso é a ligação que tal manuseio permite a consciência moderna ligar-se com seu passado, através de toda uma época de evolução, pois a prática do tiro com arco sempre esteve ligada ao homem, desde sua utilização como arma de caça, em guerras, até seu uso como material esportivo. Com o passar do tempo e com o advento da pólvora, a prática do tiro com arco passou a ter um papel apenas cultural e esportivo, podendo-se observar tradição e modernidade caminhando lado a lado. Os antigos arcos “long-bow” deram espaço aos modernos arcos laminados de combinação madeira/fibra de carbono, o que pôde ser realizado devido à evolução da tecnologia da madeira e da segurança dada à qualidade de seus produtos; porém, a metodologia da construção utilizada nos arcos atuais permeia a mesma que o homem do passado utilizava. Este trabalho visa mostrar a construção do arco tradicional (long-bow), de maneira simples e eficaz, assim como era feito no período medieval. Pretende-se também demonstrar a construção de um arco laminado, tanto de forma caseira como de forma industrial e por fim, sugerir madeiras brasileiras, que possam ser utilizadas nos arcos laminados de combinação madeira/fibra de carbono, em substituição à madeira de hard mapple (*Acer saccharum*) utilizada por indústrias norte americanas.

Palavras-chave: arco e flecha, tiro com arco, long-bow, hard mapple

ABSTRACT

The use and development of the bow and arrow has fascinated the modern mankind for many years. One possible way to explain such fact is that the handling of this particular object allows the modern conscience to find a link between present and past, through an era of evolution. That happens because the practice of shooting with bows and arrows has always been linked to the mankind since its first use as a hunting weapon to the current use as a sport instrument. Over the years, past the advent of gunpowder, the practice of this sport assumed, solemnly, a cultural and sport role, where it is seen as a parallel between tradition and modernity. The long bows were replaced by modern laminated bows made of a combination of wood and carbon fiber. It could only have happened due to the evolution of technology of wood and safety given the quality of its products. However, the methodology used to design and create the current bows resembles the one used in ancient times. This paper intends to show the construction of the traditional bows (long-bow), in a simple and efficient way, as it was done in medieval times. It will also demonstrate how a laminated bow is built, not only manufactured but also industrialized. Finally, this work will suggest different Brazilian wood that can be utilized in the making of laminated bows made of a combination of wood and carbon fiber, in substitution to the raw material usually present in the north American factories, comparing their densities to the hard maple's. The bow and arrow have always had an important place in Human History and its importance has been compared to that of the discovery of fire and the creation of the wheel, as it has been, at times, responsible for the advances in diverse civilizations.

Keywords: bow and arrow, shotting wiht bow, long-bow, hard mapple

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	1
3. REVISÃO DE LITERATURA	2
3.1 História do arco-e-flecha	2
3.2 Como funciona o arco.....	3
3.3 Conhecendo o arco	3
3.4 Arcos abordados no trabalho	5
3.5 Construção e tecnologia.....	6
3.5.1 Construção e tecnologia – Arco tradicional	7
3.5.2 Construção e tecnologia – Arco laminado (processo caseiro).....	8
3.5.3 Construção e tecnologia – Arco laminado (fabricação “Easton-Hoyt”).....	12
4. MADEIRAS PARA CONSTRUÇÃO DE ARCOS.....	12
5. CONCLUSÕES	14
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ilustração do arco em descanso, sem aplicação da energia do homem (à esquerda) e arco retesado (à direita).....	3
Figura 2. Partes que compõem o arco de competição.....	4
Figura 3. Arcos recurvos tradicionais, conhecidos como “long-bow.....	5
Figura 4. Arcos laminados, combinação de lâmina de madeira com fibra de carbono ou vidro.....	6
Figura 5. Composição das hastes do arco laminado; em branco tem-se as lâminas de madeira e em preto as lâminas de fibra de carbono ou fibra de vidro.....	6
Figura 6. Esquema de corte artesanal de peça de madeira.....	8
Figura 7. Lixamento das partes do arco	9
Figura 8. Peças limpas, prontas para o processo de colagem.....	10
Figura 9. Exemplo de fôrma e de estufa para secagem do material.....	11
Figura 10. Marcação de pontos para ajustes.....	11
Figura 11. Ajustes para calibração das hastes.....	12

1. INTRODUÇÃO

A evolução da utilização da madeira está diretamente ligada à evolução da humanidade. Segundo relatos históricos, as primeiras “ferramentas” eram de madeira, dentre elas encontra-se o arco e flecha.

Aparecendo em pinturas rupestres que datam de mais de 10 mil anos, o arco-e-flecha pode ser considerado a primeira “máquina” inventada pelo homem, e por muitos historiados é considerado uma das descobertas mais importantes, por ter tido grande repercussão dada aos avanços culturais na história do homem, somente comparada com a descoberta do fogo e a criação da roda (Castro, 1977)

Na realidade, a história do arco-e-flecha é a história do homem, desde sua origem como caçador, como guerreiro e depois como desportista. Em todas as civilizações antigas, menos a australiana, há vestígios da utilização do arco-e-flecha (Howe, 1970).

Antes da invenção das armas de fogo, eram os arqueiros que decidiam as batalhas, e com isso o rumo de suas sociedades. No período da Idade Média, o poder de uma nação era medido de acordo com o valor, destreza e qualidade tanto dos arqueiros como de seus arcos, o que servia tanto para proteger, como para conquistar. Nessa época, ficou imortalizada a imagem do arqueiro inglês com seu “long bow”, que era considerado a primazia da tecnologia voltada para o campo bélico. Com a descoberta da pólvora e o aparecimento das primeiras armas de fogo, o arco-e-flecha foi retirado do campo de batalha e colocado como esporte, tanto de cunho popular como da aristocracia (Castro, 1977)

Na época da Renascença até a Era Moderna não existiam competições, mas considerava-se um ato de elegância e de educação saber atirar uma flecha de maneira correta. Tal fato manteve a utilização do arco através do tempo, culminando nas competições vistas nos dias atuais (Castro, 1977). Assim, como a história do arco-e-flecha evoluiu durante o tempo, o próprio material que o compunha também se desenvolveu nas mãos de pessoas habilidosas. Os primeiros arcos até os famosos “long bows” ingleses eram confeccionados de madeiras, diferindo apenas em sua fabricação. Os atuais arcos de “competição” vão muito mais além das simples peças de madeira de séculos atrás; são verdadeiras obras do desenvolvimento humano, que combinam elementos como lâminas de madeira e fibra de carbono e continuam a evoluir.

2. OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho foram:

- Apresentar a construção do arco tradicional (“long bow”), utilizando-se o material “madeira”;
- Apresentar a construção do arco laminado e do arco olímpico (combinação madeira/fibra de carbono);
- Comparar o modelo tradicional de arco com os atuais modelos de arcos recurvos (laminados), dando enfoque à utilização da madeira;

- Propor a utilização de madeiras brasileiras para a fabricação de arcos laminados, baseando-se nas propriedades da madeira tradicionalmente utilizada (“hard mapple”, *Acer saccharum*).

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 História do arco-e-flecha

Arco-e-flecha é uma das mais antigas artes ainda praticadas. A história desse esporte nos leva a uma viagem através da história da humanidade. Evidências da antiguidade do arco-e-flecha têm sido encontradas em todo mundo. Apesar do arco-e-flecha datar provavelmente da idade da pedra (cerca de 20000 anos A.C.), o povo mais recente conhecido por ter utilizado o arco-e-flecha foram os antigos egípcios, que adotaram a técnica no mínimo há 5000 anos atrás com o propósito de caçar e guerrear.

Na China, o arco-e-flecha data da dinastia Shang (1766-1027A.C.). Durante a dinastia Zhou (Chou) (1027-256 A.C.), nobres da corte praticavam o arco-e-flecha como esporte em torneios que eram acompanhados por música. Quando os chineses introduziram o arco-e-flecha no Japão no século VI, isso teve uma enorme influência na etiqueta e técnicas. Uma das artes marciais japonesas era originalmente conhecida como Kyujutsu (a arte do arco), atualmente conhecida como Kyudo (caminho do arco) (International Archery Federation, 2008).

No período greco-romano, o arco foi usado mais para caçadas do que para guerrear. Os Partianos¹ eram cavaleiros que desenvolviam a arte de girar em torno da sela e podiam atirar de costas em pleno galope.

A superioridade oriental em equipamentos e técnicas dos arcos continuou por séculos, com arcos como aqueles dos Assírios e Partianos, Átila o Huno e seus mongóis que conquistaram muito da Europa e Ásia, e os arqueiros turcos que atiravam contra as cruzadas². Os arcos turco-asiáticos eram altamente eficientes e o lançamento recorde com um arco turco estava próximo de 900 yard (1 yd = 0,92 m), muito além da capacidade de um arco inglês.

A popularidade do arco-e-flecha está refletida em muitas músicas e folclore, tais como Robin Hood, para falar no mais famoso arqueiro. Referências ao arco-e-flecha são freqüentes na mitologia grega, que fala da história de Ulisses nos vinte primeiros livros da Odisséia. Ulisses é, de fato, mencionado como sendo um eminente perito na arte do arco-e-flecha. Sua esposa, Penélope, pensando que Ulisses nunca mais voltaria após 20 anos de ausência, tomou a decisão de escolher, dentre os seus pretendentes, aquele que receberia sua mão em casamento, seguindo o critério de que o escolhido seria aquele que melhor atirasse com o arco de Ulisses. Ulisses voltou da guerra de Tróia e participou da disputa disfarçado de pastor,

¹ A Pártia, também conhecida como Império Arsácida, foi a potência dominante no Planalto Iraniano a partir do século III a.C., e controlou a Mesopotâmia de maneira intermitente entre 190 a.C. e 224 d.C. A Pártia era o arquiinimigo do Império Romano, ao limitar a expansão deste ao leste além da Capadócia (Anatólia Central) (Wikipedia, 2008).

² Nome dado a qualquer um dos movimentos militares, de caráter parcialmente cristão, que partiram da Europa Ocidental e cujo objetivo era colocar a Terra Santa (nome pelo qual os cristãos denominavam a Palestina) e a cidade de Jerusalém sob a soberania dos cristãos. Estes movimentos estenderam-se entre os séculos XI e XIII, época em que a Palestina estava sob controle dos turcos muçulmanos (Wikipedia, 2008).

sendo o único a conseguir atirar com seu próprio arco atravessando 12 anéis. Esta foi a única forma dele provar à sua esposa quem ele era (International Archery Federation, 2008).

A literatura inglesa também glorifica o arco pela famosa vitória na batalha de Crécy, Agincourt e Poitiers. A primeira competição conhecida no arco-e-flecha aconteceu em Finsbury, Inglaterra, em 1583 e incluiu 3000 participantes. No tempo da guerra dos 30 anos (1618-1648) ficou claro que devido à introdução de armas de fogo, o arco como arma pertencia ao passado. Desde então, o arco-e-flecha se desenvolveu como um esporte recreativo e competitivo (International Archery Federation, 2008).

3.2 Como Funciona o Arco

Entende-se por máquina um aparelho ou instrumento próprio para transmitir movimento.

O arco nada mais é do que uma máquina, o primeiro esforço do homem para controlar a “energia”. Seu funcionamento consiste na transformação da energia elástica, que é convertida em cinética e transmitida à flecha na hora do disparo (Castro, 1977).

A Figura abaixo mostra como as “hastes” da extremidade funcionam como uma mola, quando retesadas.

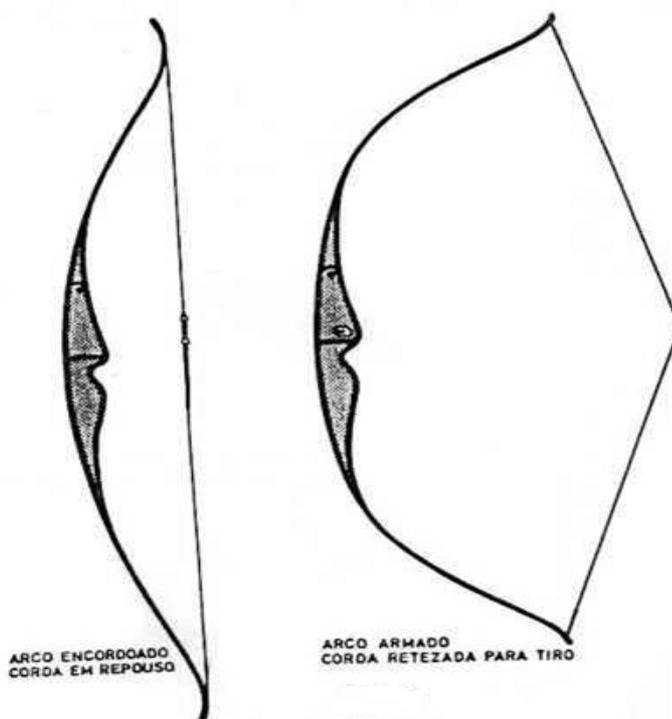


Figura 1. Ilustração do arco em descanso, sem aplicação da energia do homem (à esquerda) e arco retesado (à direita). (Castro, 1977).

3.3 Conhecendo o Arco

O arco possui um conjunto de peças, cada uma com seu determinado nome e sua função, trabalhando em harmonia durante seu funcionamento.

É imprescindível o conhecimento das peças que compõem o material produzido, pois a má produção de uma determinada peça pode acarretar no mau funcionamento do arco, se por

acaso for construída ou elaborada de forma errada. Por outro lado, saber como o arco e suas peças funcionam são fundamentais para melhorar a qualidade do equipamento, mantendo o desempenho do mesmo.

A Figura 2 ilustra as peças que compõem o arco.

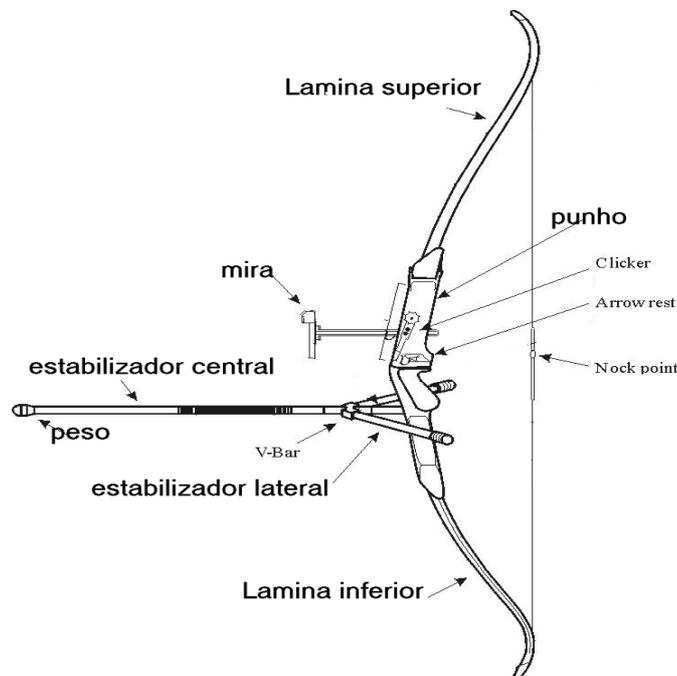


Figura 2. Partes que compõem o arco de competição

Abaixo, é relatada a funcionalidade de cada peça:

- **Punho**: Também conhecido como empunhadura. É o local onde o arqueiro segura o arco;
- **Jogo de estabilizadores (estabilizador central, estabilizadores laterais)**: Servem para dar maior estabilidade ao arco durante o tiro, aumentando o peso do arco e ajudando a dissipar a energia percorrida no material após o ato do tiro;
- **V-bar**: O V-bar faz a ligação do jogo de estabilizadores com o punho;
- **Peso**: O peso é colocado na ponta do estabilizador principal, permitindo que vibração emitida após o disparo seja mais bem dissipada, auxiliando a função dos estabilizadores;
- **Mira**: A mira é a peça que serve como referência ao arqueiro para mirar o alvo;
- **Arrow rest**: Pequena peça que apoia a flecha antes do disparo, melhorando o disparo;
- **Clicker**: Peça de metal colocada no punho, funcionando como um “indicador”, que mostra o momento certo de se fazer o disparo, após a ponta da flecha “acioná-lo”;
- **Nock point**: Local na corda que se põe a parte de trás da flecha;
- **Lâminas (inferior e exterior)**: São as peças que agem como “molas” no arco, transmitindo energia. Feitas de madeira, combinação madeira/fibra de vidro ou madeira/fibra de carbono. As modernas são feitas de combinação espuma/fibra de carbono.

3.4 Arcos Abordados no Trabalho

Este trabalho aborda a construção dos arcos recurvos: arcos tradicionais, conhecidos como “long-bow” (Figura 3), formados por uma peça inteira de madeira, e os arcos laminados (Figura 4), formados pela combinação de lâminas de madeira com lâminas de carbono ou vidro (Figura 5).



Figura 3. Arcos recurvos tradicionais, conhecidos como “long-bow” (catálogo Lancaster, 1999)



Figura 4. Arcos laminados, combinação de lâmina de madeira com fibra de carbono ou vidro (www.hoyt.com)



Figura 5. Composição das hastes do arco laminado; em branco tem-se as lâminas de madeira e em preto as lâminas de fibra de carbono ou fibra de vidro (www.hoyt.com)

3.5 Construção e Tecnologia

Para os arcos tradicionais é abordada a construção citada no livro “Toxophilus” (Ascham, 1545) e revista de um modo mais simples e didático no livro “Seleções da Juventude”, no tópico “Como Fabricar um Arco” (Drean, 1970).

Nos arcos laminados, a abordagem da construção será dada através de um modelo caseiro, fornecida por alguns arqueiros que produzem arcos. E será vista também o lado

industrial da fabricação de arcos laminados, levando em conta as grandes fábricas internacionais de construção de arcos para competição.

3.5.1 Construção e Tecnologia – Arco Tradicional

Um arco está sob a ação de diferentes cargas. Primeiramente, o arco é curvado pela corda; através da puxada do arqueiro, o arco sofre um maior movimento de curvatura e subitamente é solto, para acelerar uma flecha. Com isso, as lâminas devem retornar o mais rápido possível à posição original. As lâminas nunca devem se esquivar para os lados ou torcer, para que as flechas não errem o caminho. Desta forma, é preciso um material que seja bastante flexível para se poder curvar e que seja também estável para que se possa retornar à sua posição original o mais rapidamente possível. O material não deve se torcer para os lados e tem de resistir à esforços de torção (na parte traseira do arco) e de distensão (na parte frontal). Para os arcos recurvos, isso é conseguido através de técnicas de vaporização que colocam o material numa determinada forma estável (Bergermann, 2008).

A primeira etapa na construção de um arco é a escolha da madeira. Para isso, é necessário que a madeira atenda a alguns requisitos (Ascham, 1545):

- É necessário que a peça que será trabalhada esteja seca;
- A peça não pode ter nós ou defeitos;
- As fibras devem ser retas.

Esses requisitos são fundamentais para que o arco atinja seu potencial e tenha uma melhor qualidade (Drean, 1970).

A umidade ideal da madeira para se construir um arco está na faixa de 8-11 %. Madeiras que secam muito rápido racham com maior facilidade e não podem ser utilizadas na construção de arco. Na Europa, o processo de secagem da madeira pode demorar de 1 a 3 anos, dependendo da região onde se está trabalhando (Bergermann, 2008). A secagem é o fator mais importante da construção dos arcos tradicionais, pois implica diretamente na resistência física da madeira, por conseguinte no seu módulo de elasticidade, e em suas propriedades acústicas, o que são fatores primordiais na mecânica do arco. Medau et al. (2000), em “Estudo de relações entre a resistência e o módulo de elasticidade longitudinal estimados no ensaio de compressão paralela às fibras de madeira de dicotiledôneas e coníferas”, observaram que a diversidade dos elementos anatômicos das árvores, de modo geral, juntamente com as modificações advindas do processo de secagem, aumentam de maneira significativa a variabilidade entre módulo de elasticidade e resistência a compressão das fibras.

Um arco que não é bem seco irá se deformar (Drean, 1970), prejudicando a resistência das hastes, além de comprometer a propagação de energia por entre suas estruturas anatômicas, que nesse caso é conferida pelas propriedades acústicas da madeira (Cruz, 2006), acarretando numa resposta lenta do arco ao disparo da flecha.

A presença de nó ou de um defeito, além de comprometer as características estruturais e mecânicas da madeira, afeta de forma significativa a propagação de energia pelas ondas sonoras, por apresentar uma descontinuidade dos elementos anatômicos (Cruz, 2006).

As fibras devem ser retas pelos mesmos motivos vistos anteriormente, nos nós e defeitos, tendo em vista que sendo retas de modo vertical, melhoram o módulo de elasticidade da peça de madeira a ser trabalhada.

Segundo Drean (1970), algumas madeiras interessantes para a construção seriam: “pau-d’arco”, “limoeiro”, “ipê-roxo”, “ipê-tabaco”, “iri”, “garapa”, “guatambu”, “pau-

marfim”, “genipapeiro”; por apresentarem boa resistência, coloração atrativa e características acústicas ideais.

O segundo passo na construção é a retirada da peça de madeira que será o arco da madeira. Para isso, são necessárias as medidas que o arco terá. A grosso modo, pode-se considerar 165 x 3 x 2,5 cm (Drean, 1970), que seria um arco de tamanho mediano. Para retirar a peça de madeira é necessário cortá-la na direção das fibras (Figura 6).

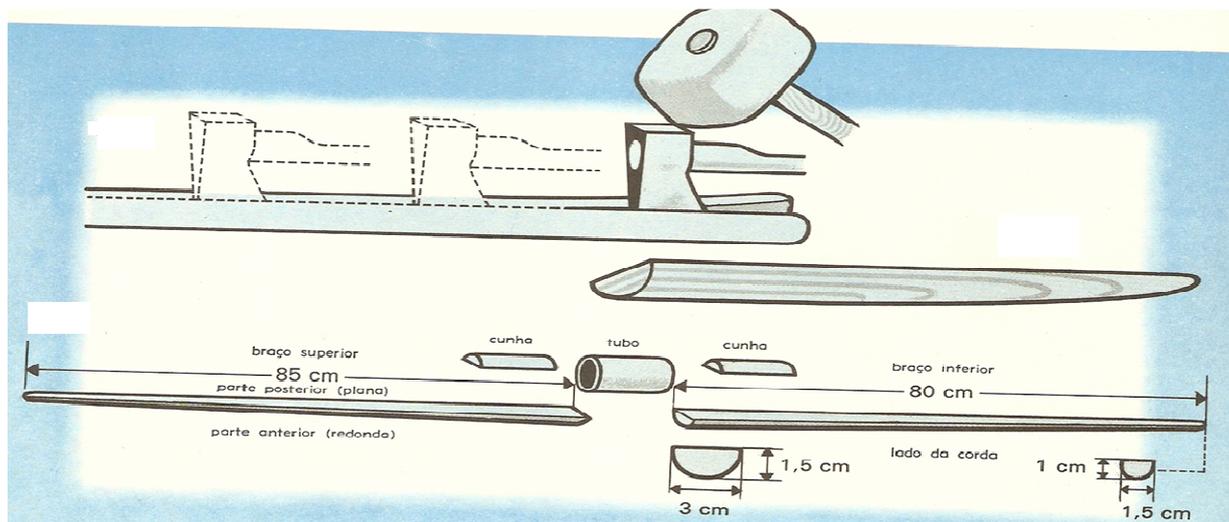


Figura 6. Esquema de corte artesanal de peça de madeira (Drean, 1970)

É importante marcar os “braços”, onde o superior vai possuir 85 cm e o inferior 80 cm, para que o arco fique equilibrado, funcionando as duas extremidades como uma única “mola”, formando um movimento igual e harmonioso.

Outro fator importante é aplinar a parte posterior (lado de tiro), de 2,5 cm a 1,5 cm, pois esse molde dado ao arco melhora o seu módulo de elasticidade.

Para acomodar a corda no arco faz-se um pequeno corte (sulco) nas extremidades de cada “braço” com uma lima. Esse processo garante que a corda fique encaixada de modo seguro, evitando sua saída após um disparo.

Após os processos listados anteriormente, é feito um pequeno teste de tensão, para ver se as duas extremidades do arco estão vergando de modo regular, trabalhando como se fossem apenas uma única “mola”; pois, se não estiver, serão necessários ajustes na estrutura até que estejam trabalhando de forma regular.

Por fim, há o processo que garantirá ao arco longevidade. Nessa etapa, o arco é envernizado, o que garantirá sua proteção contra patógenos degradadores da madeira, bem como a entrada de água pela umidade o que pode levar a uma deformação (empenamento do material) (Drean, 1970).

3.5.2 Construção e Tecnologia – Arco Laminado (Processo Caseiro)

Após o arco tradicional “long-bow”, o passo seguinte e verdadeiramente significativo foi a invenção do arco laminado, composto por lâminas de madeiras diferentes, onde as lâminas de madeira que ficam no miolo servem para diminuir a vibração causada no arco após o disparo, auxiliando também numa melhor forma de “dissipar” as ondas sonoras; em contra partida, as lâminas de madeiras das extremidades servem para dar maior resistência,

potencializando o disparo com uma maior força. Com a evolução dos materiais e da própria técnica, tanto de colagem como de secagem da madeira, as lâminas de madeira da extremidade deram lugar às de fibra de carbono ou de vidro.

Os melhores desempenhos na construção desse tipo de arco deram-se com lâminas de madeira da árvore “hard mapple” (*Acer saccharum*) no miolo das hastes.

A seguir, são apresentados os procedimentos detalhados para a construção do arco laminado, utilizando-se preferencialmente lâminas de “hard mapple” e lâminas de fibra de carbono.

O primeiro passo é a escolha do bloco de madeira que irá ser trabalhado. Os requisitos na escolha são os mesmos que os detalhados na construção do arco tradicional.

O passo seguinte é a obtenção de uma peça previamente dimensionada. Nesse caso, usaremos uma peça de 18'' x 1 3/4'' x 1 1/2'' (por volta de 45,72 x 4,44 x 3,81 cm). Nota-se que diferentemente do arco tradicional, esse arco é um tanto menor, pois a combinação das duas peças (lâminas de madeira com lâminas de fibra de carbono) consegue fornecer energia necessária para ser igual ou um pouco menor, do que o “long-bow” no disparo da flecha.

Segundo os modelos de “hastes” (lâminas) produzidos por renomadas fábricas e artesões, as lâminas de madeira do “miolo” das hastes possuem cada uma 2 mm de espessura e a altura depende do arqueiro. As lâminas de fibra de carbono têm espessura dependentes da potência requerida. Para a fabricação das lâminas de 2 mm pode-se usar a metodologia sugerida por Gross-hennig (1962) e citado por Kolmann & Cote (1984), que leva em consideração tanto a utilização de torno laminador como faqueadeiras, pois a espessura das lâminas de madeira permitem tal utilização.

Em seguida, é necessário que a peça seja “fina”, afinando-se do punho para as extremidades. Nesse processo utiliza-se de algum aparelho que possa lixar e/ou aplinar, sempre de modo contínuo e igual em ambas as partes (inferior e superior) do arco. O processo é visto na Figura 7, a seguir.



Figura 7. Lixamento das partes do arco (Renegade Archery, 2008)

Terminado o processo de corte das peças e acabamento das mesmas, é necessário que estejam limpas e secas, pois o próximo passo é a colagem e isso garante que o adesivo penetre e funcione de forma adequada, mantendo sua qualidade prolongada (Fiorelli, 2002).

Na Figura 8, pode ser visto exemplos de peças limpas que logo serão coladas junto com as fibras de carbono.



Figura 8. Peças limpas, prontas para o processo de colagem (Renegade Archery, 2008)

Fiorelli & Dias (2002) testaram diversos adesivos para a combinação lâmina de madeira com fibra de carbono, e o que obteve maior êxito foi o adesivo epóxi, dando melhor qualidade ao produto final frente às diversas respostas requeridas ao produto final (como módulo de elasticidade, cisalhamento, tensão, entre outros). Os autores afirmam, ainda, que para determinar o valor de resistência e módulo de elasticidade da junção feita pelo adesivo, deve ser considerada a espessura da fibra de carbono, ou vidro. Por isso, para se retirar um pouco da potência das hastes no arco durante o tiro, deve-se aplainar as lâminas manualmente depois de prontas, antes de passar o verniz.

Com um pincel e com os equipamentos de segurança requeridos pelo produto, passe o epóxi sobre as peças de madeira, sempre na mesma direção. Após aplicação do adesivo, e montada a peça, a mesma é colocada em uma “fôrma” e colada em estufa. Esse processo garante que o arco fique com sua forma característica; além, de facilitar e melhorar o processo de colagem, penetração do adesivo nas estruturas que serão unidas. A peça deve ficar em estufa aproximadamente 6 horas.

A Figura 9 demonstra o processo, a “fôrma” e a estufa, onde ambas podem ser improvisadas, feitas de material reciclado.



Figura 9. Exemplo de fôrma e de estufa para secagem do material (Renegade Archery, 2008)

Retirada a peça da estufa após 6 horas aproximadamente, tem início o processo de dar “forma” ao arco. Nesse momento, serão aparadas algumas possíveis deformidades não vistas nos processos anteriores (lixamento de algumas bordas, retirada do excesso de adesivo). Para tal, é necessário marcar no arco com um lápis onde serão feitos esses pequenos consertos (Figura 10).



Figura 10. Marcação dos pontos para ajustes (Renegade Archery, 2008)

Com o arco em sua forma plena, é hora de realizar sua “calibração” (Figura 11), podendo ser feitos alguns pequenos ajustes para que as hastes (superior e inferior) venham a funcionar de modo igual e de forma regular, deixando o disparo mais preciso.



Figura 11. Ajustes para a “calibração” das hastes (Renegade Archery, 2008)

Por fim, com o arco todo ajustado e perfeito em sua forma, é necessário que receba um processo de conservação adequado. O arco é envernizado para que suas peças fiquem protegidas contra ataque de patógenos e a umidade do ar, não permitindo que sua conformidade estrutural seja comprometida.

3.5.3 Construção e Tecnologia – Arco Laminado (Fabricação “Easton-Hoyt”)

Com a evolução do arco-e-flecha para a prática esportiva do tiro com arco, houve a necessidade da produção em larga escala dos instrumentos que compunham o material do arco e flecha sem perder em qualidade.

Na produção das hastes (lâminas), não foi diferente; a produção dessas partes pelas grandes empresas consiste em um processo parecido com o mencionado anteriormente (fabricação caseira); porém, isso fica apenas na metodologia da montagem.

Segundo a fábrica “Easton-Hoyt”, as lâminas são produzidas em larga escala por equipamentos computadorizados que garantem a qualidade e precisão do material. Apenas alguns retoques finais são feitos à mão, como o acabamento através de lixas e plainas.

É interessante notar que a parte de madeira que compõe o arco moderno (de competição), está apenas nas suas “hastes”, mas possuem uma importância enorme junto com a combinação fibra de carbono ou fibra de vidro, pois é através dessas lâminas de madeira que fica garantido a precisão e qualidade do tiro.

4. MADEIRAS PARA CONSTRUÇÃO DE ARCOS

Atualmente, as melhores “hastes” (lâminas) para arco são feitas da madeira da espécie “Hard maple” (*Acer saccharum*), encontrada nos países do norte, como EUA e Canadá. A madeira apresenta uma densidade média que varia de $0,74\text{g/cm}^3$ (anidra) à $0,90\text{g/cm}^3$ (verde) e uma alta capacidade para suportar esforços (dureza). Os valores de dureza variam de $5,2\text{ kN}$ (estado verde) à $7,3\text{ kN}$ (estado seco). Outros valores de resistência mecânica da madeira à 12

% de umidade são: 40 MPa para compressão paralela às fibras, 2,86 MPa para tração perpendicular às fibras e 73,8 MPa para Módulo de ruptura (VCR, 2008).

Na Alemanha, por exemplo, as principais madeiras utilizadas na construção de arcos são as originadas de várias espécies do gênero *Ulmus*, de Esche (*Fraxinus excelsior*) e de Eiben. Os **ulmeiros** ou **olmos** são árvores de várias espécies do gênero *Ulmus*, família Ulmaceae. São árvores nativas na Europa (sobretudo *Ulmus minor*, nativo da península ibérica), alcançando 30 metros de altura. Sua madeira é empregada para vários fins, principalmente para a fabricação de móveis, pequenas obras de marcenaria e pela indústria naval (Wikipedia, 2008).

A espécie Esche (*Fraxinus excelsior*) é uma espécie da família Oleaceae. A madeira tem coloração amarelo-claro com densidade anidra de 0,65 g/cm³. A madeira é bastante elástica, possibilitando a sua utilização em equipamentos de esporte (como o arco). A madeira é também uma clássica “madeira de som”, podendo ser utilizada na construção de violão e guitarras (Oliver-Villanueva, 1993).

A madeira de Eiben (*Taxus*) era a melhor madeira para construção de arcos na idade média, principalmente pela sua dureza e elasticidade. Isso levou a uma diminuição do estoque de madeira na Europa, levando a espécie quase à extinção. Principalmente na Inglaterra, a madeira tinha um valor comercial muito grande. Todos os navios de comércio na Inglaterra apresentavam grandes quantidades da madeira. Principalmente no período de 1250 a 1500, os estoques da espécie foram totalmente utilizados (Kölbel et al., 1996)

Todas essas três espécies na Alemanha apresentam as qualidades fundamentais para construção de arco, mas a madeira de Eiben é a melhor madeira para construção de arco, colocando a espécie hoje no grupo de espécies ameaçadas de extinção (Bergermann, 2008)

Segundo Besley (1966), Kollmann & Côté (1968), Hellmeister (1983) e Souza et al. (1986), a densidade da madeira seca possui forte correlação com as propriedades físicas e acústicas da madeira, servindo muitas vezes como um “fator” para escolha da madeira para determinados usos.

Uma madeira de média para alta densidade possui coeficiente de restituição que auxilia na dissipação de energia cinética, nesse caso vibração; pois uma das características peculiar do material do esporte de tiro com arco é tentar diminuir ao extremo a interferência da vibração da corda na lâmina após o tiro. A corda, ao bater nas lâminas, provoca uma vibração e esta precisa ser dissipada; porém, se a madeira possuir uma baixa densidade, ela não vai responder ao esforço exigido de maneira adequada; ou seja, ela vai dissipar a vibração, mas seu coeficiente de restituição vai demorar para responder ao esforço, não passando a energia necessária para que a flecha saia do arco de modo linear em um vôo limpo, obtendo um melhor desempenho.

Pensando dessa forma, a densidade é um fator que auxilia na determinação da escolha de um exemplar de madeira mais acessível ao universo brasileiro, pois o “mapple” é uma madeira cara, tendo em vista a necessidade de importá-la e a realidade brasileira permite uma vasta escolha de exemplares.

De posse da densidade da madeira seca da árvore “hard mapple” e das suas características gerais, como possuir boa propriedade acústica, direção da grã reta, poucos nós, entre outros, pode-se citar madeiras brasileiras que apresentam utilização tão boa quanto da “hard mapple” para a construção de arcos para competição, barateando o preço do produto no mercado nacional, tendo em vista que não se encontram fábricas do calibre das norte americanas ou coreanas em solo brasileiro, sendo tais materiais importados a preços elevados.

Segundo Lorenzi (1992), é possível observar algumas árvores que têm características iguais ou próximas do “hard mapple”, tendo potencial para a fabricação de lâminas para tiro com arco, levando-se em consideração direção da grã, resistência mecânica, elasticidade e potencial acústico. Desta forma, sugere-se as seguintes espécies que poderiam ser utilizadas:

- *Cordia trichotom*, “louro-pardo” (0,78 g/cm³);
- *Patagonula americana*, “guaiuvira” (0,78 g/cm³);
- *Protium heptaphyllum*, “almecegueira” (0,77 g/cm³);
- *Symphonia globulifera*, “guarandi” (0,74 g/cm³);
- *Cariniana estrellensis*, “jequitibá” (0,78 g/cm³);
- *Pterogyne nitens*, “amendoin-bravo” (0,77 g/cm³);
- *Centrolobium tomentosum*, “araribá” (0,75 g/cm³);
- *Lonchocarpus muehlbergianus*, “guaianã” (0,72 g/cm³);
- *Guarea guidonia*, “marinheiro” (0,76 g/cm³);
- *Pouteria torta*, “abiu-piloso” (0,78 g/cm³).

5. CONCLUSÕES

O Brasil possui uma gama enorme de espécies florestais, cada uma possuindo uma madeira única, com características próprias. Essa diversidade enorme de madeiras propicia à indústria que utiliza essa matéria-prima com recursos dos mais diversos.

Na construção de lâminas para arco-e-flecha não é diferente. A variabilidade de madeiras existentes no Brasil é capaz de produzir excelentes produtos que venham a contemplar os mais diversos praticantes desse desporto, desde arqueiros que queiram arcos mais fortes até aqueles que preferem um arco com menor vibração.

Outro ponto muito importante para a construção das lâminas do arco, assim como outros produtos feitos de madeira, é a tecnologia empregada. O Brasil é capaz de produzir com qualidade os mais diversos produtos; além, de estar constantemente aperfeiçoando o lado tecnológico voltado para a tecnologia da madeira; porém, falta a abertura dessa tecnologia para algumas pequenas empresas e fábricas, saindo dos laboratórios e indo para a parte prática.

Nota-se também que é fundamental conhecer a madeira trabalhada. E no Brasil faltam estudos sobre as espécies nativas, o que prejudica o avanço dos produtos de madeira de uma forma geral, pois de posse das características de determinada madeira e como ela reage a

determinados esforços, é possível indicar tal madeira para determinado uso, maximizando a qualidade do produto final.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASCHAM, R. **Toxophilus**, 1545.

BERGERMANN, D.C. Der Bogen. Disponível em:
<http://www.alveran.org/index.php?id=458>. Acesso em: 20/07/2008.

BESLEY, L. Importance, variation and measurement of wood density and moisture. **Pulp and Paper Research Institute of Canada**, n. 489, p.30, 1966

CASTRO, M. J. **Arco e Flecha, O Esporte**, 1977.

CRUZ, C.R. **Aplicação de ondas de tensão para a estimativa da umidade em madeira de Eucalyptus**. Curitiba, 2006. 72p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

DREAN A. Como fabricar um arco. **Seleções da Juventude**. Seleções do Reader's Digest S/A, 1970, p.180-184.

IORELLI, J.; DIAS, A. A. Avaliação de adesivos para uso no reforço de elementos estruturais de madeira com fibras. In: VIII ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, **Anais ...**, Uberlândia – MG, 2002

HELLMEISTER, J.C. Madeiras e suas características. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, **Anais...**, São Carlos, S.P, 1983. São Carlos, USP, EESC.

HOWE, W. O vôo da Flecha. **Seleções da Juventude**. Seleções do Reader's Digest S/A, 1970, 179 p.

INTERNATIONAL ARCHERY FEDERATION. Disponível em: <http://www.archery.org>. Acesso em 23/11/2008.

KÖLBEL, M.; SCHMIDT, O. **Beiträge zur Eibe**. Berichte aus der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Nr. 10. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising, 1996.

KOLLMANN, F.E.P.; CÔTÉ, W.A. **Principles of wood science and technology**. V.1. Solid Wood. Reprint. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo. Springer-Verlag, 1984.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras. Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Instituto Plantarum de Estudos da Flora, Nova Odessa, SP., 1992.

MEDAU, M.; ORTIZ, J.C.; SALES, A. **Estudo de relações entre a resistência e o módulo de elasticidade longitudinal estimados no ensaio de compressão paralela às fibras de madeira de dicotiledôneas e coníferas**. Tese (Doutorado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, USP, 2000.

OLIVER-VILLANUEVA, J.V. **Holzeigenschaften der Esche (*Fraxinus excelsior* L.) und ihre Variabilität im Hinblick auf Alter und Standraum**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Universität Göttingen, Göttingen, Alemanha, 1993.

RENEGADE ARCHERY. Building a bow. Disponível em: http://www.renegadearchery.com/building/bow_building.htm. Acesso em: 20/07/2008.

SOUZA, V.R.; CARPIM, M.A.; BARRICHELO, L.E.G. Densidade básica entre procedências, classes de diâmetro e posições em árvores de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. **Instituto de Pesquisas Florestais**, ESALQ-USP, n. 4192, p.65-72, 1986

VALUE CREATED RESOURCES. Disponível em: <http://www.valuecreatedreview.com/species.htm>. Acesso em 22/11/2008.

WIKIPEDIA. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Cruzada>. Acesso em 23/11/2008.

WIKIPEDIA. Disponível em: [http://de.wikipedia.org/wiki/Eschen_\(Pflanzengattung\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Eschen_(Pflanzengattung)). Acesso em 20/11/2008