

Artigo Científico

MÁQUINAS E ABRASIVOS ARTESANAIS E DE BAIXO CUSTO PARA AFIAÇÃO DE NAVALHAS DE AÇO COM FIO TIPO C, E PROCEDIMENTOS PARA OBTENÇÃO DE CORTES DE 3 μ m DE ESPESSURA EM RESINA GLICOL-METACRILATO

Craftsmanship and low-cost machines and abrasives for sharpening steel knife with C edge, and procedures for obtaining 3 μ m thick glycol-methacrylate resin sections

Carlos André Espolador Leitão^{1*}

¹Departamento de Ciências Naturais, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Estrada do Bem-Querer, Km 4, Bairro Universitário, 45.031-900, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil.

Submetido em: 07.08.2021 Aceito em: 05.12.2021; Publicado em: 23.12.2021.

***Autor para correspondência:** candreel@yahoo.com.br

Resumo: As navalhas de aço com fio tipo C, quando bem afiadas, são excelentes para aquisição de cortes em parafina ao micrótomo. Sabendo-se explorar ao máximo o potencial dessas navalhas, é possível inclusive obter cortes de material incluído em resina glicol-metacrilato. Infelizmente, essas navalhas têm entrado em desuso, pois são de difícil afiação manual, e os bons afiadores de navalha estão cada vez mais escassos no comércio, e são itens muito dispendiosos e de difícil manutenção. Entretanto, muitos laboratórios não dispõem de equipamentos modernos e, por limitações de recursos, podem passar por dificuldades na execução de procedimentos atuais em histologia e citologia. O presente trabalho objetivou desenvolver máquinas artesanais e abrasivos alternativos de baixo custo, bem como os procedimentos para a afiação de navalhas de aço com fio tipo C para seccionamento de material botânico incluído em resina glicol-metacrilato utilizando um antigo micrótomo rotativo. Foram construídas duas máquinas: um afiador de navalhas e um polidor de fio de navalha, que foram confeccionados com material de baixo custo, alguns dos quais peças de equipamentos domésticos sucateados. Os abrasivos foram preparados diluindo cera de polir automotiva em água. Os projetos das máquinas, bem como as instruções de afiação e de seccionamento são explicados em detalhe com várias ilustrações. Com os equipamentos, abrasivos e procedimentos utilizados, foi possível aquisição de cortes seriados com 3 μ m de espessura, de material botânico incluído em resina-glicol metacrilato com mínimas perdas. Os itens e procedimentos descritos foram testados rotineiramente por seis anos e se mostraram plenamente eficazes e confiáveis.

Palavras-chave: anatomia vegetal, citologia, histologia, historresina, técnica alternativa.

Abstract: Steel knives with C edge, when well sharpened, are excellent for acquiring paraffin sections to the microtome. Knowing how to fully exploit the potential of these knives, it is even possible to obtain sections of material embedded in glycol-methacrylate resin. Unfortunately, these knives have fallen into disuse, as they are difficult to sharpen by hand, and good knifesharpeners are increasingly scarce in the trade, and are very expensive items and difficult to maintain. However, many laboratories do not have modern equipment and, due to resource limitations, may experience difficulties in carrying out current histology and cytology procedures. The present work aimed to develop low-cost handcraft machines and alternative abrasives, as well as procedures for sharpening steel knives with C edge for sectioning botanical material embedded in glycol-methacrylate resin using an old rotary microtome. Two machines were built: a knifesharper and a knife edge polisher, which were made with low-cost material, some of which were pieces of scrapped domestic equipment. The abrasives were made by diluting automotive polishing wax in water. Machines designs as well as sharpening and sectioning instructions are explained in detail with several illustrations. With the equipment, abrasives and procedures used here, it was possible to acquire serial sections with a thickness of 3 μ m, of botanical embedded included in methacrylate-glycol resin, with minimal losses. The items and procedures described were routinely tested for six years and proved to be fully effective and reliable.

Keywords: alternative technique, cytology, histology, historesin, plant anatomy.

INTRODUÇÃO

O processo de afiação de navalhas é crucial para a obtenção de bons cortes ao micrótomo e, conseqüentemente, de boas micrografias.

Existe uma grande variedade de opções em termos de navalhas para micrótomos. Atualmente se tornou muito popular a utilização de navalhas descartáveis metálicas, tanto para obtenção de cortes de material incluído em parafina como em resina. Porém, as navalhas de vidro é que são as ideais para amostras em resina, por serem mais rígidas e por terem o fio mais preciso. As navalhas afiáveis de aço, infelizmente, vêm progressivamente caindo em desuso, talvez pelo contratempo em seu processo de afiação, que requer equipamentos caros ou habilidade técnica, em se tratando de afiação a mão.

As navalhas afiáveis de aço com fio tipo C são de grande versatilidade. Uma grande vantagem em relação às navalhas metálicas descartáveis é o fato de serem mais rígidas. Estando bem afiadas, são muito superiores às descartáveis na aquisição de cortes em parafina e resina glicol-metacrilato (historresina). Em se tratando deste último caso, embora não sejam as ideais para cortarem em historresina, dependendo da forma como se posiciona a navalha e o bloco contendo a amostra no micrótomo, tem-se como minimizar a vibração da navalha e obter cortes bem precisos.

O processo de afiação das navalhas com fio tipo C pode ser manual ou mecanizado. O manual exige o acoplamento de um cabo à navalha e de um dorso para dar a correta inclinação. A navalha é passada sucessivamente em pedras de afiar ou em uma placa de vidro ou metal com pastas abrasivas de diferentes granulometrias (BELL, 1958). Embora financeiramente mais acessível, exige técnica, destreza, paciência e cautela. Por ser um trabalho repetitivo com um objeto perigoso, envolve riscos de acidentes ocasionando cortes profundos. Além do mais, com as sucessivas afiações, o fio da navalha pode se tornar progressivamente irregular, dificultando o processo e afiação.

A afiação mecanizada requer um afiador de navalhas, que consiste em uma máquina acionada por motor elétrico que afia a navalha com mais segurança e precisão. Os afiadores de navalhas trabalham com pastas abrasivas e funcionam basicamente sob dois princípios: 1- o abrasivo é espalhado em uma placa de vidro que, graças a movimentos circulares, fricciona com o fio da navalha firmemente presa a um suporte. 2- o abrasivo é espalhado em um ou dois rolos rotativos de borracha que friccionam com o fio da navalha.

Os bons afiadores, ou seja, os que exigem o mínimo de habilidade do operador e que permitem a aquisição de um fio com o mínimo de imperfeições, são equipamentos caros e muitas vezes inacessíveis para laboratórios ainda em início de estruturação. Também, por consequência do uso cada vez maior de navalhas descartáveis, há a tendência de as grandes marcas de equipamentos de laboratório deixarem de fabricar afiadores de navalhas. É o caso, por exemplo, da Leica, que deixou de fabricar o seu excelente afiador SP9000 sem colocar no mercado outro que o substituísse.

Um outro problema vivenciado por laboratórios com limitações de recurso são os altos custos de bons equipamentos que, atualmente, são de complicada manutenção, com circuitos eletrônicos exclusivos que de tempos em tempos são descontinuados. Em outras palavras, uma vez danificados, quase certamente serão sucateados. Muitas vezes um laboratório de histologia, citologia ou anatomia vegetal tem a sorte de possuir um micrótomo antigo, porém sub ou inutilizado por ser subestimado. Os equipamentos antigos são duráveis e de fácil manutenção, porém, pela obsolescência, são *a priori* menos precisos que os atuais. Não obstante, com a devida compreensão de suas limitações e elaborando soluções criativas, é possível explorar o máximo desses equipamentos para a realização de trabalhos que atendam aos exigentes padrões atuais de qualidade.

Vivenciando essa problemática, o presente trabalho teve por objetivos: construir dois equipamentos artesanais para afiação de navalhas metálicas de micrótomo com fio tipo C, de baixo custo e utilizando peças fáceis de encontrar; produzir abrasivos alternativos de duas granulometrias diferentes (grossa e fina), testar os equipamentos e os abrasivos; e testar as navalhas afiadas em um micrótomo rotativo antigo da década de 1950 para a obtenção de cortes seriados com 3 μ m de espessura, em amostras vegetais incluídas em resina glicol-metacrilato.

MATERIAL E MÉTODOS

MATERIAL

Para a construção do afiador de navalhas (Figs. 1-5, 10A, B), foram utilizados:

- 1 roda traseira de bicicleta mountain bike, aro 22", com 3 porcas de eixo (2 finas e 1 alta) e com raios metálicos e aro de alumínio, sem catraca, sem pneu e sem câmara de ar. Os raios foram dispostos de forma plana/cônica, conforme ilustrado na figura 4A;
- 1 segundo aro idêntico ao da roda, porém sem mais nenhuma outra peça;
- 160 cm de barra de aço quadrada (metalon) 40x40mm, chapa 18;
- 1 haste (parafuso) sem-fim de 7/16";
- Arame galvanizado BWG12 (2,77mm) - pedaço de 20cm;
- 1 haste (parafuso) sem-fim de 1/4" – pedaço de 15cm;
- 2 borboletas para parafuso 1/4";
- 9 porcas para parafuso 7/16";
- 4 arruelas 7/16";
- 1 rolamento de roda traseira de bicicleta mountain bike, nº 6200;

- 1 dobradiça de porteira (pequena);
- 6 tampas plásticas para a barra de aço quadrada;
- 1 cantoneira aba 1", espessura 1/8", pedaço 12,5cm;
- 1 câmara de ar de pneu de carro;
- 2 vidros redondos na espessura de 6 mm e diâmetro de 57,4cm, com bordos sem quina viva, lixados ou polidos;
- 1 interruptor tic tac de alavanca;
- 3m de fio elétrico paralelo 2x1,5mm;
- 1 plugue macho para alimentação 10A, 250V de 2 pinos;
- Fita isolante (rolo pequeno);
- 1 bisnaga de cola Superbonder ou equivalente;
- 14 parafusos 5x32"x1/2";
- 20 arruelas para parafuso 5x32";
- 14 porcas para parafuso 5x32";
- 15 cm de barra em U de alumínio, utilizada como trilho de boxe;
- Parafusos para fixação do motor à estrutura da máquina;
- 1 parafuso 4x40mm;
- 4 arruelas para parafuso 4mm;
- 5 porcas para parafuso 4mm;
- Chapa de aço nº 14 (2mm) – pedaço 16,0x8,0cm + pedaço 12,5x4,5cm;
- Barra de alumínio em "U" 13x14mm para trilho de boxe – 4 pedaços de 2,5cm;
- 14 parafusos 5/32"x1/2";
- 15 porcas para parafuso 5/32";
- 1 lata pequena de tinta antiferrugem;
- 1 lata pequena de tinta para metal (automotiva), de preferência esmalte sintético por conta de sua secagem rápida, na cor de preferência. No presente trabalho, foi utilizada cor verde;
- 1 bisnaga pequena de cola de silicone (utilizada na vedação de vidro e construção de aquários);
- 1 motor elétrico "ventilador" (para exaustão) 1/25HP 60Hz;
- 1 hélice de ventoinha de fonte (sucateada) de computador (desktop).

Para construção do polidor de fio de navalha (Figs. 3, 6-10C, D), foram utilizados:

- 240 cm de barra de aço quadrada (metalon) 40x40mm, chapa 18;
- 2 hastes (parafuso) sem-fim de 7/16";
- 1 haste (parafuso) sem-fim de 1/4" – pedaço de 20cm;
- 6 porcas para parafuso 1/4";
- 2 borboletas 1/4";
- 40 porcas para parafuso 7/16";
- 12 arruelas para parafuso 7/16";
- 2 parafusos 3/16"x 3";
- 4 porcas para parafuso 3/16";
- 6 arruelas para parafuso 3/16";
- 1 rolamento de roda traseira de bicicleta mountain bike, nº 6200;
- 1 porca 7/8";
- 4 pés antivibratórios pequenos para compressor de ar;
- 8 porcas compatíveis com o parafuso dos pés antivibratórios para compressor de ar;
- 1 dobradiça de porteira (pequena);
- 4 tampas plásticas para a barra de aço quadrada;
- Cantoneira aba 1", espessura 1/8", pedaço 12,5cm + 4 pedaços 5cm;
- 3 m de fio elétrico paralelo 2x1,5mm;
- 1 plugue macho para alimentação 10A, 250V de 2 pinos;
- Fita isolante (rolo pequeno);
- 1 interruptor tic tac de alavanca;
- 1 motor de enceradeira Arno de uso doméstico;
- Chapa de aço nº 14 (2 mm) –pedaço 12,5x4,5cm;
- Chapa de aço 1/8" (3 mm) – pedaço 14,0x9,5cm;
- 1 rolo (revestido de borracha) de máquina de escrever profissional Olivetti Linea;
- Arame galvanizado BWG16 (1,65 mm) - pedaço de 15cm;
- Mangueira para jardim 1/2" – pedaço de 6,0cm;
- Resina epóxi (Durepoxi Loctite® ou similar) – kit pequeno (massa branca + massa cinza);
- 1 lata pequena de tinta antiferrugem;
- 1 lata pequena de tinta para metal (automotiva), de preferência esmalte sintético por conta de sua secagem rápida, na cor de preferência. No presente trabalho, foi utilizada cor amarela.

Para o preparo dos abrasivos de afiação (Fig. 10E, F), foram utilizados:

- 1 lata (900mL) de massa para polir creme Nº 1 Lazzuril®;
- 1 lata (500g) de massa para polir automotiva Nº 2 Pérola®;
- Água mineral;
- 2 recipientes plásticos flexíveis, transparentes, com bico para fácil aplicação (ex: mel, ketchup, etc.).

MÉTODOS

Montagem das Máquinas

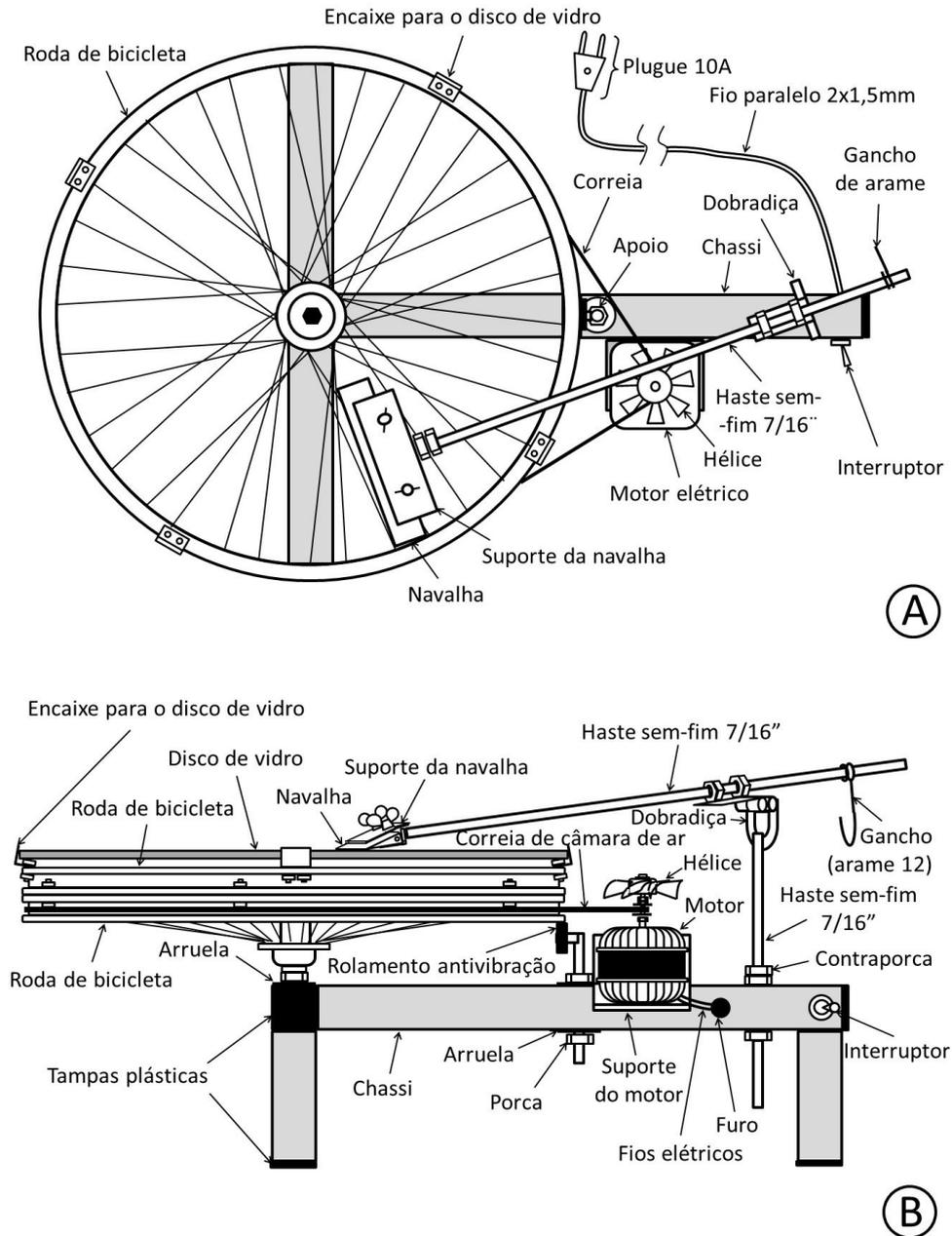


Figura 1. Esquema do afiador de navalhas. A- Visão superior do afiador com a anavalha presa ao suporte. Os discos de vidro, que deveriam estar sobre a roda de bicicleta, foram omitidos. B- Visão frontal (a visão do operador) do afiador de navalhas com a navalha apoiada sobre um disco de vidro. O gancho, no extremo oposto do braço, serve para prender na haste vertical, mantendo o braço erguido.

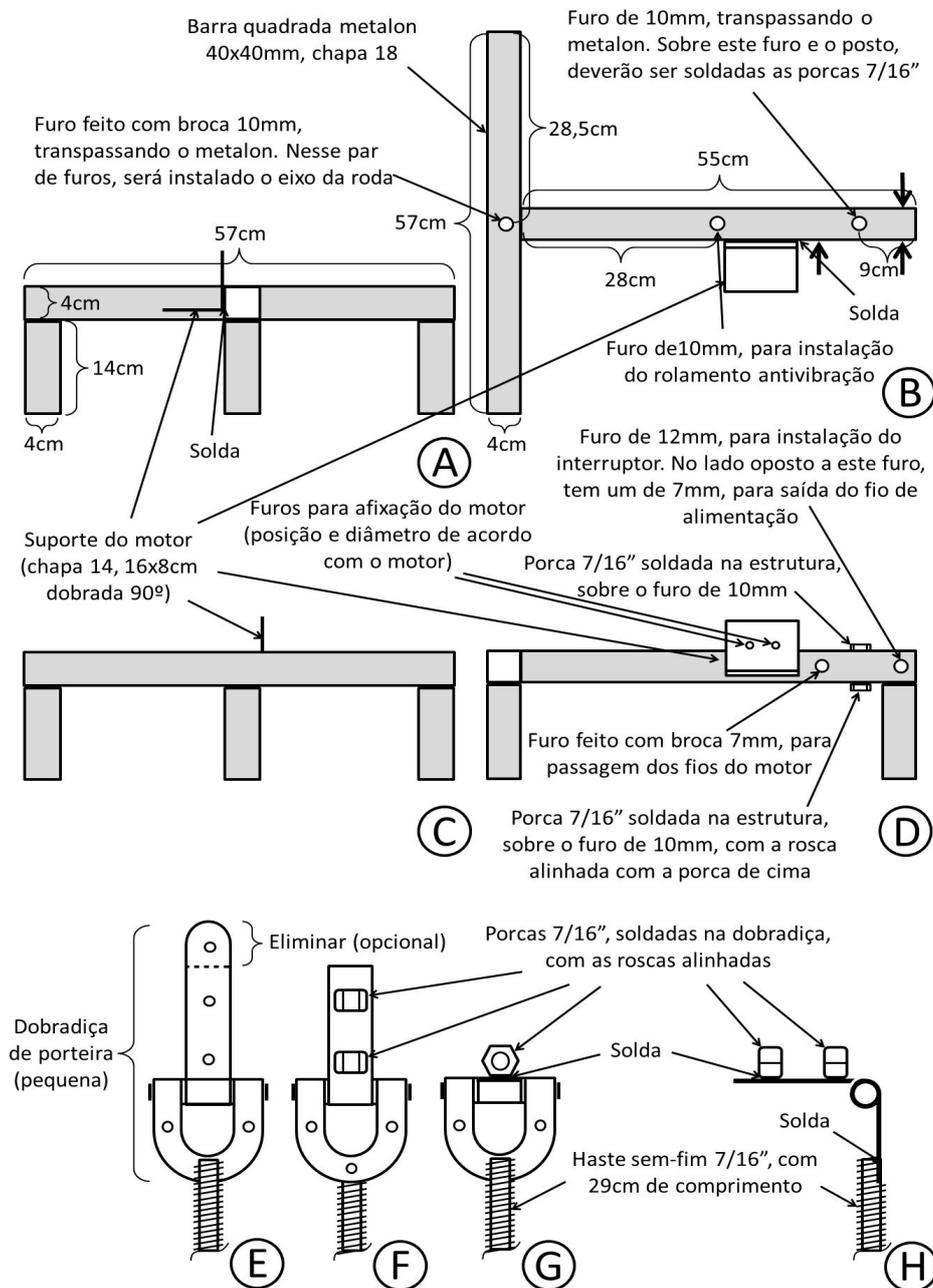


Figura 2. Esquema do chassi (A-D) e da articulação do braço (E-H) do afiador de navalhas. A- Visão lateral da porção do chassi distal à roda. B- Visão superior do chassi. As setas largas indicam furos que não são visíveis por esse ângulo de visão. C- Visão lateral da porção do chassi proximal à roda. D- Visão frontal (a visão do operador) do chassi. E- Visão da articulação do braço aberta 180° antes da remoção da ponta. F- Visão do lado oposto da articulação do braço aberta 180° após a remoção da ponta. G- Visão, sob o mesmo ponto de vista de E, da articulação do braço aberta 90°. H- Visão da articulação do braço aberta 90°, observada “de lado”. A roda do afiador estaria à esquerda.

Os projetos detalhados e autoexplicativos de ambas as máquinas se encontram nas figuras 1 a 9. É importante salientar que, para a construção desses equipamentos, é necessário experiência e habilidade na utilização de ferramentas como serra, furadeira, lixadeira, esmeril, solda de eletrodo, solda de chumbo/estanho, etc., bem como a compreensão do funcionamento do afiador com a observância de que suas peças fiquem devidamente alinhadas e posicionadas, com firmeza, sem folgas e sem vibrações. Assim, não adianta entregar esse projeto para um serralheiro sem acompanhar passo a passo a montagem de cada peça e sem ter o total controle nesse processo, pois serão necessários constantes testes e ajustes até que os equipamentos estejam funcionando com o máximo desempenho e segurança. Também, dependendo da disponibilidade de material, serão necessárias alterações para viabilização ou aprimoramento das máquinas.

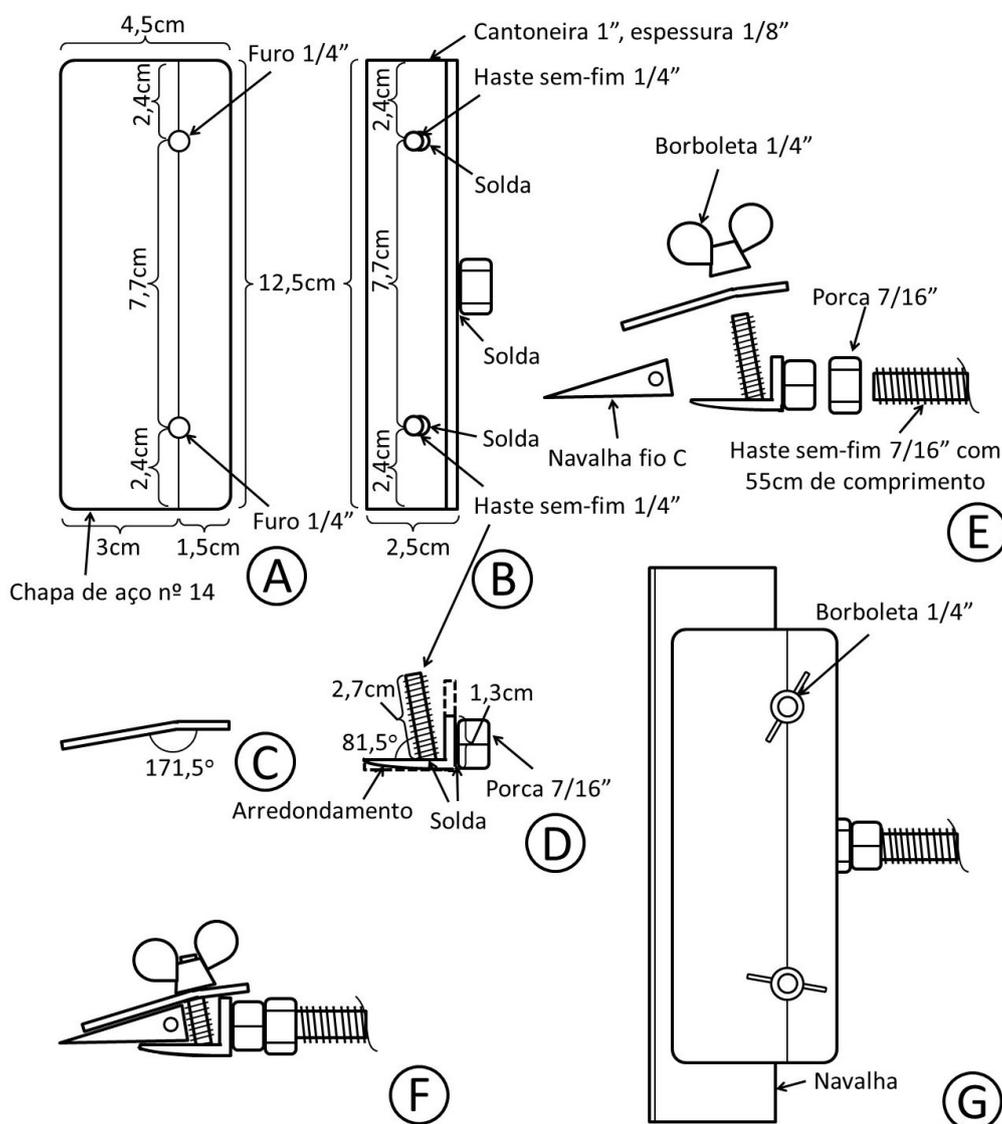


Figura 3. Esquema do suporte da navalha do afiador e do polidor de navalhas. A- Visão superior da chapa que serve de presilha para a navalha. B- Visão superior do suporte sem a presilha. C- Visão lateral da chapapresilha. D- Visão lateral do suporte sem a presilha. E- Visão lateral do suporte e da navalha, mostrando todas as peças antes de serem encaixadas. F- Visão lateral do suporte devidamente montado portando a navalha. G- Visão superior do suporte devidamente montado portando a navalha.

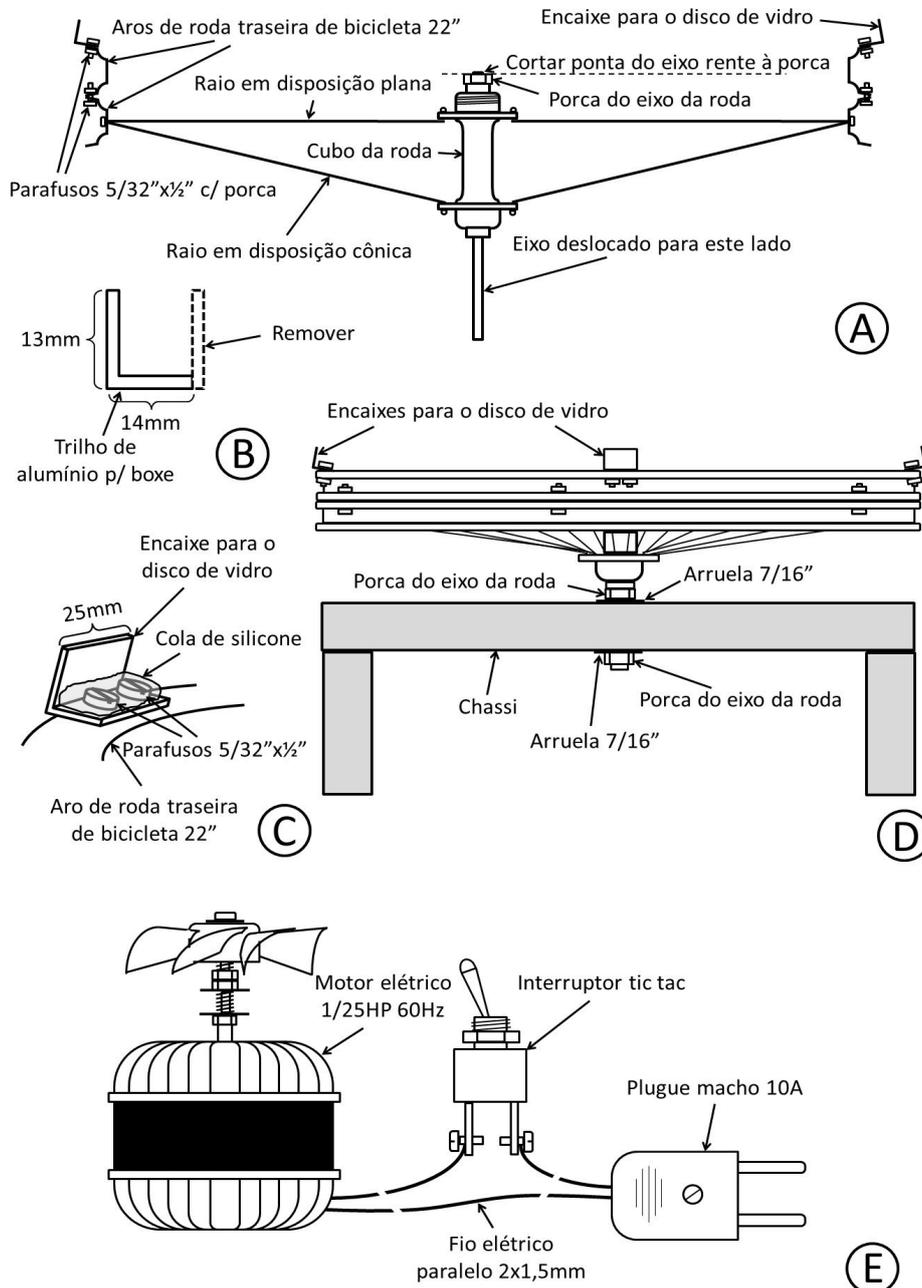


Figura 4. Esquema da montagem da roda (A-D) e da instalação elétrica (E) do afiador de navalhas. A- Visão da roda com os aros em corte. Atenção ao arranjo dos raios, que deve ser plano de um lado e cônico do lado oposto. Isso é fundamental para o lado livre do eixo não encostar no disco de vidro. É recomendável cortar a sobra de eixo rente à porca. B- Confeção do encaixe do disco a partir de trilho de boxe. C- Montagem do encaixe na roda com adição de cola de silicone para minimizar vibração das cabeças dos parafusos contra o vidro. D- Visão lateral da parte proximal à roda do afiador, mostrando a roda instalada. E- Instalação elétrica. Os fios devem ficar embutidos no chassi.

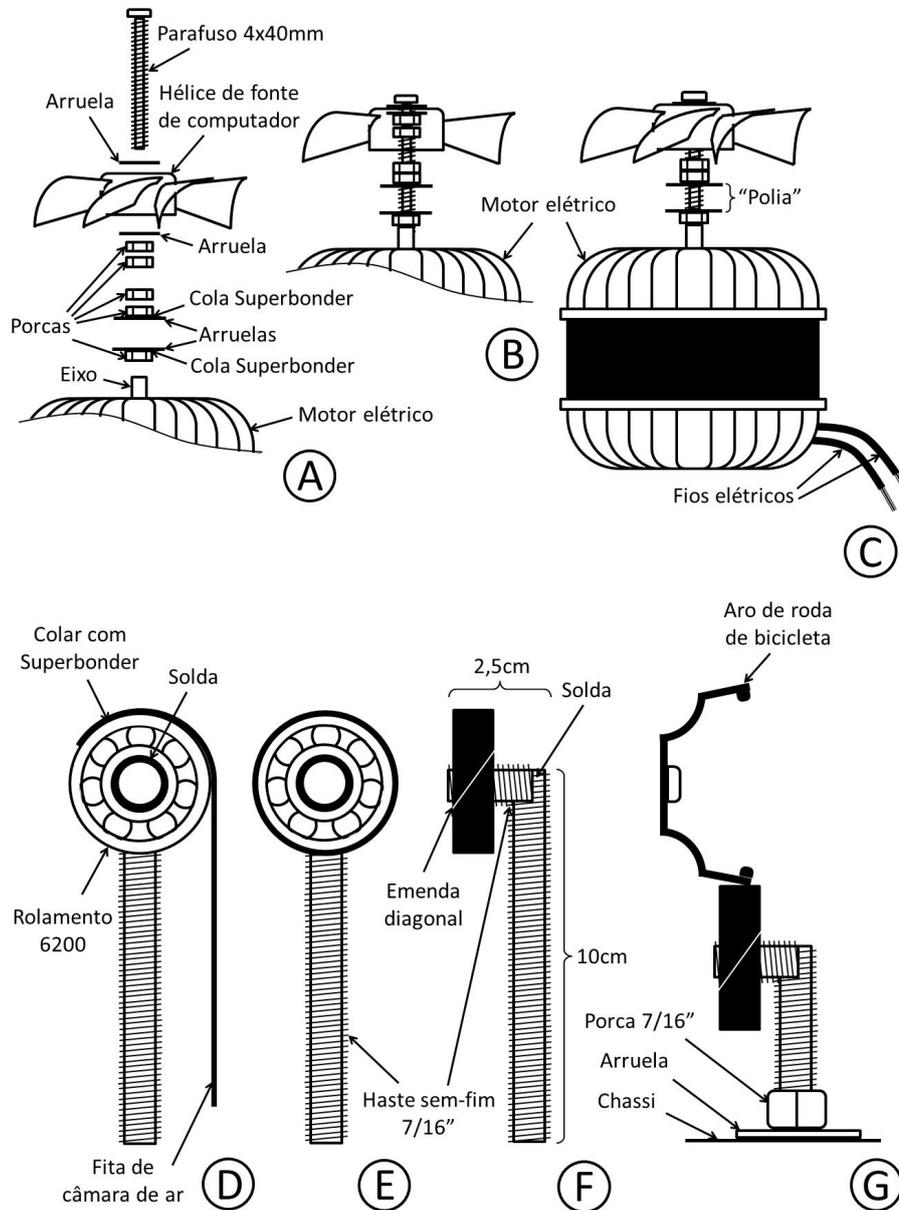


Figura 5. Esquemas da montagem da polia e ventoinha no motor elétrico (A-C) e do rolamento antivibração (D-G). A- Peças alinhadas antes de serem conectadas. B- Peças devidamente conectadas. A ventoinha foi ilustrada em transparência para visualização das peças que ficariam ocultas. C- Visão panorâmica do motor com a polia e ventoinha devidamente montadas. D- Visão frontal da face voltada para a roda do rolamento antivibração, mostrando a colagem com Superbonder da fita de borracha feita de câmara de ar. E- Como em D, porém com a fita colada. F- Visão lateral do rolamento antivibração. Atenção para a junção diagonal da fita de borracha. G- Visão lateral do rolamento antivibração devidamente montado no chassi, servindo de apoio para o aro da roda, na função de impedir que a mesma trepide por ação do atrito do vidro e abrasivo com o fio da navalha.

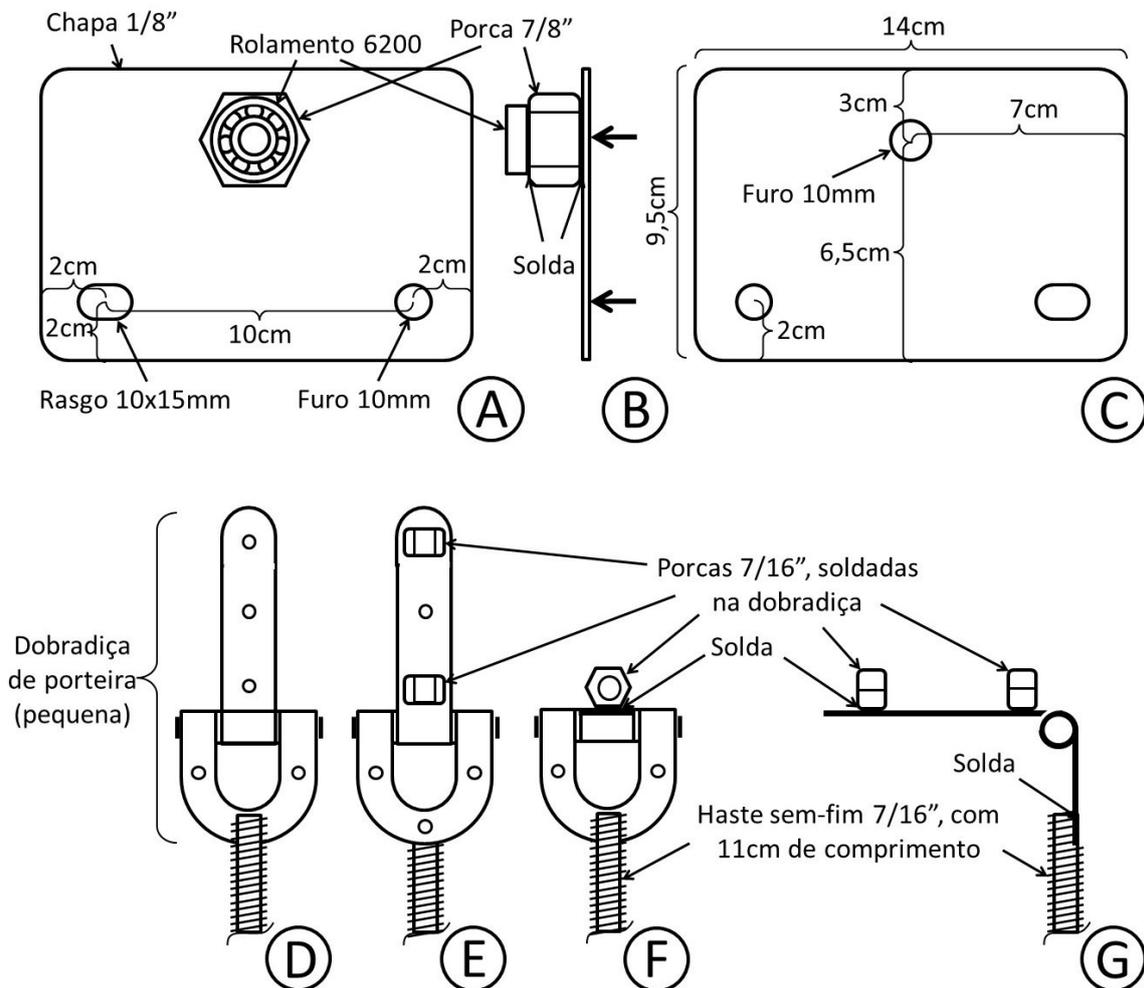


Figura 7. Esquemas do suporte do rolamento (A-C) e da articulação do braço (D-G) do polidor de fio de navalha. A- Visão frontal da face do suporte do rolamento voltada para o motor elétrico. B- Visão lateral do suporte do rolamento. Nessa posição, o motor ficaria à esquerda. C- Visão frontal da face oposta do suporte do rolamento. D- Visão da articulação do braço aberta 180°. E- Visão da articulação do braço aberta 180°. Lado oposto da visão em D. F- Visão da articulação do braço aberta 90°, sob o mesmo ponto de vista de D. G- Visão lateral da articulação do braço aberta 90°. O rolo de borracha estaria à direita.

Preparo dos Abrasivos

Para o preparo do abrasivo grosso, procedeu-se à diluição em água da massa para polir N° 1 na proporção de 8g de massa/5mL de água. O abrasivo fino foi preparado diluindo em água a massa para polir N° 2 na proporção e 8g de massa/12mL de água. Após o preparo e acomodação nos recipientes plásticos flexíveis, ambos abrasivos decantam quando guardados e necessitam vigorosa e persistente agitação para completa homogeneização, tornando-se assim adequados para utilização.

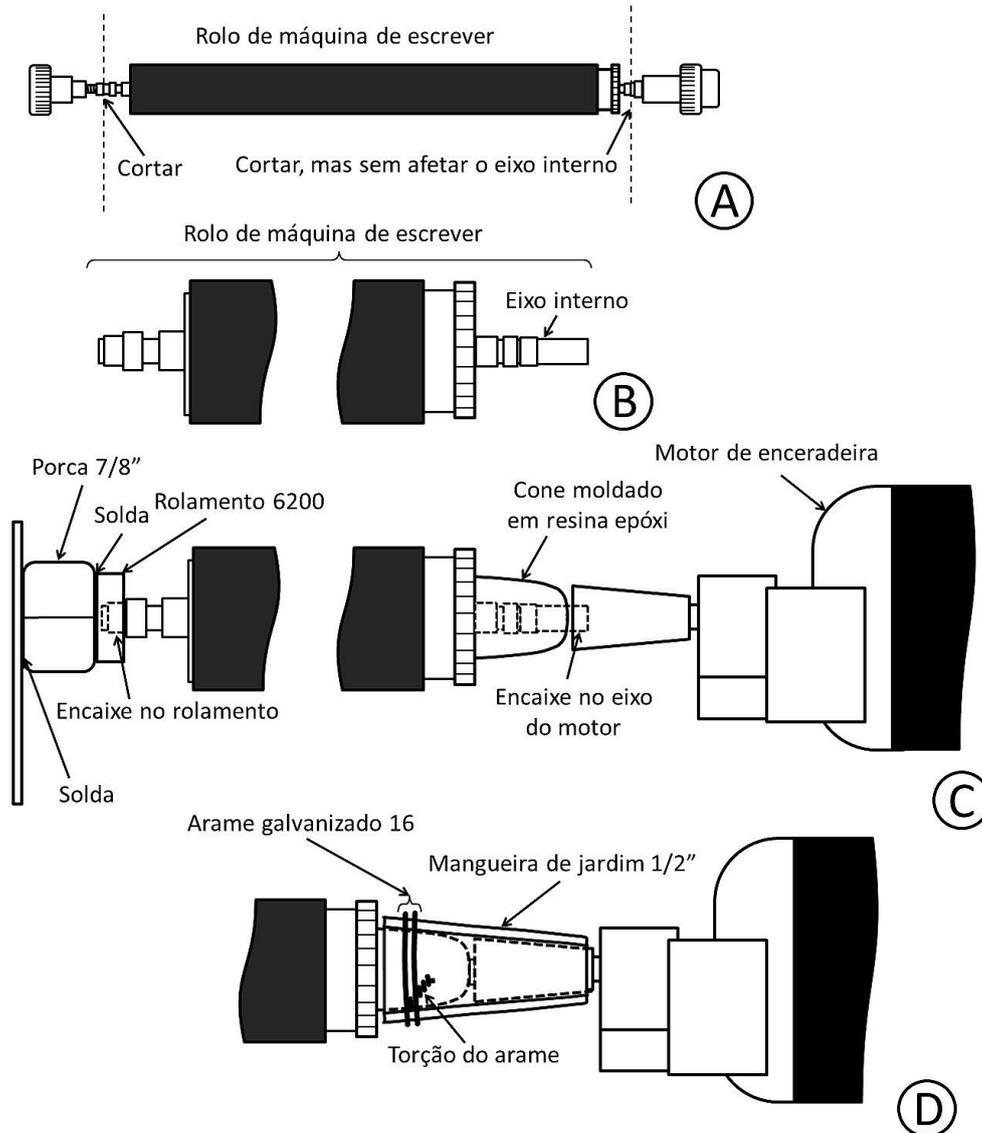


Figura 8. Esquemas do rolo de borracha e seu acoplamento ao motor elétrico de enceradeira. A- Rolo de borracha de máquina de escrever Olivetti Linea. As linhas tracejadas verticais indicam os locais em que o eixo deve ser cortado. B- Detalhes de ambas extremidades do rolo de borracha após a remoção das extremidades. A parte central do rolo foi omitida. C- Detalhes dos acoplamentos das pontas de eixo do rolo de borracha ao rolamento (à esquerda) e ao eixo do motor de enceradeira (à direita). D- Detalhe da instalação da mangueira de 1/2" para firmar a conexão entre a ponta de eixo do rolo de borracha e o motor elétrico. Para evitar o deslizamento da mangueira para o lado do motor, deve-se prendê-la com uma cinta de arame galvanizado BWG16.

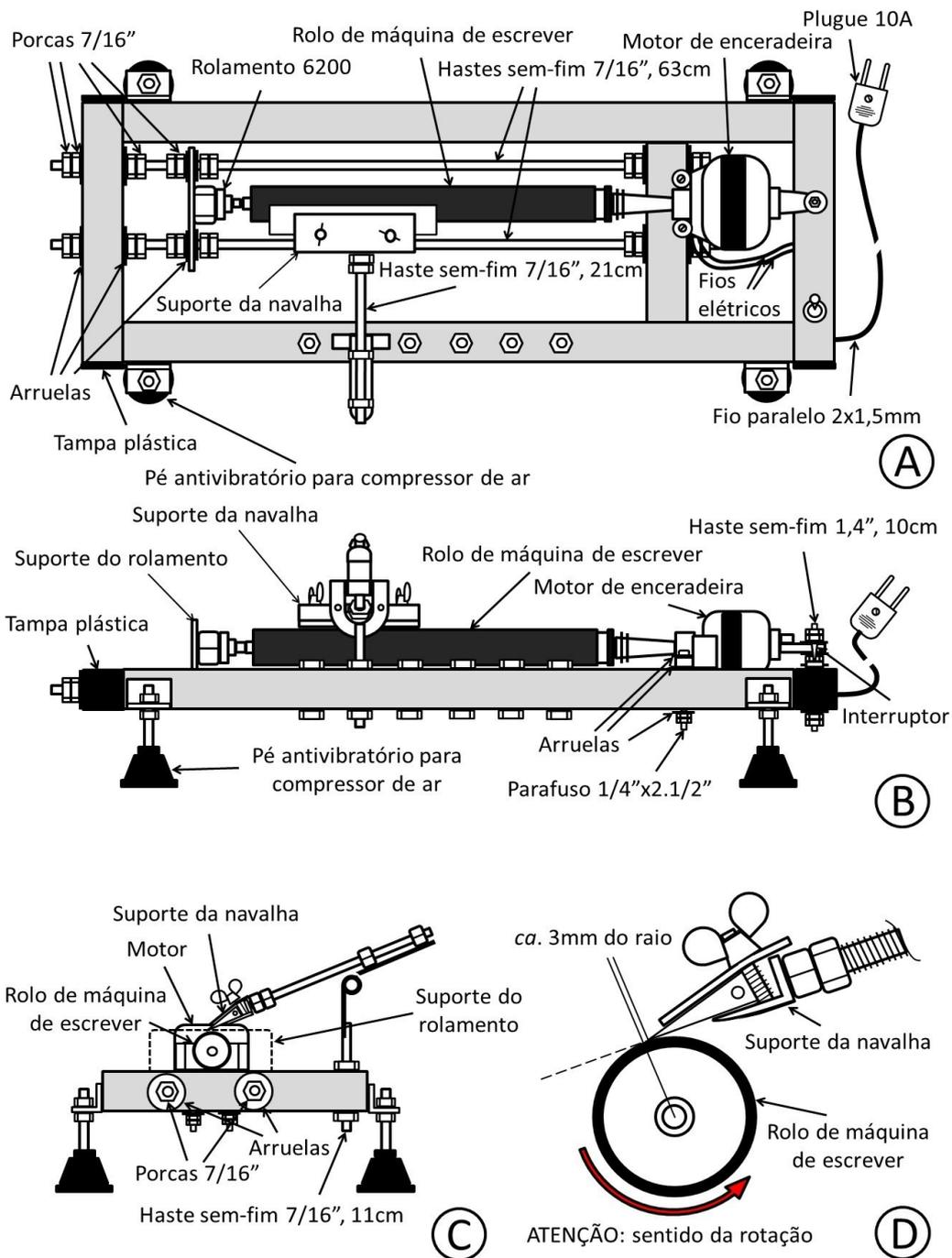


Figura 9. Esquemas do polidor de fio de navalha devidamente montado. A- Visão superior. B- Visão frontal (a visão do operador). C- Visão lateral, na da face oposta ao motor. O suporte do rolamento foi esquematizado em transparência para permitir a visualização do rolo de borracha e do motor. D- Visão lateral do rolo de borracha fazendo contato com o fio da navalha a cerca de 3 mm proximais ao raio do rolo, ou seja, recuado duas voltas da rosca da haste. A seta vermelha indica sentido de rotação do rolo. ATENÇÃO: jamais inverta esse sentido de rotação.

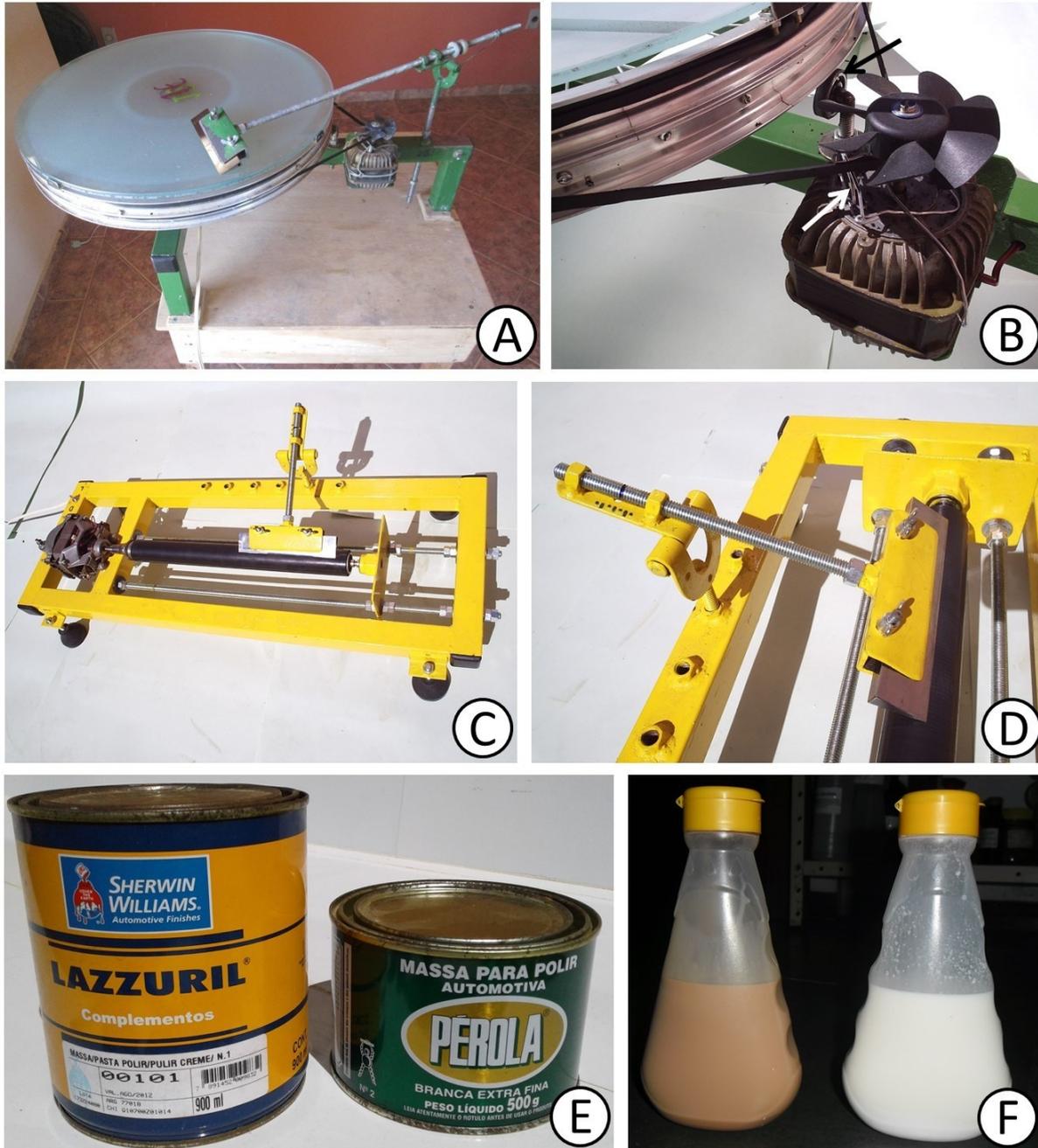


Figura 10. Aparato para afiação de navalhas. A- Panorama do afiador de navalha em visão superior/frontal. B- Detalhe do motor, ventoinha, correia, rolamento antivibração e parte da roda do afiador. A seta branca indica clipe preso com arame para servir de guia à correia, e a seta preta indica rolamento antivibração. C- Panorama do polidor de fio de navalha em visão superior. O operador estaria atrás da máquina. D- Detalhe do suporte do polidor portando uma navalha fazendo contato com o rolo de borracha. E- Ceras de polimento utilizadas para o preparo dos abrasivos grosso (Lazzuril® N° 1) e fino (Pérola® N° 2). F- Abrasivos grosso (esquerda) e fino (direita) prontos e em embalagem de fácil aplicação.

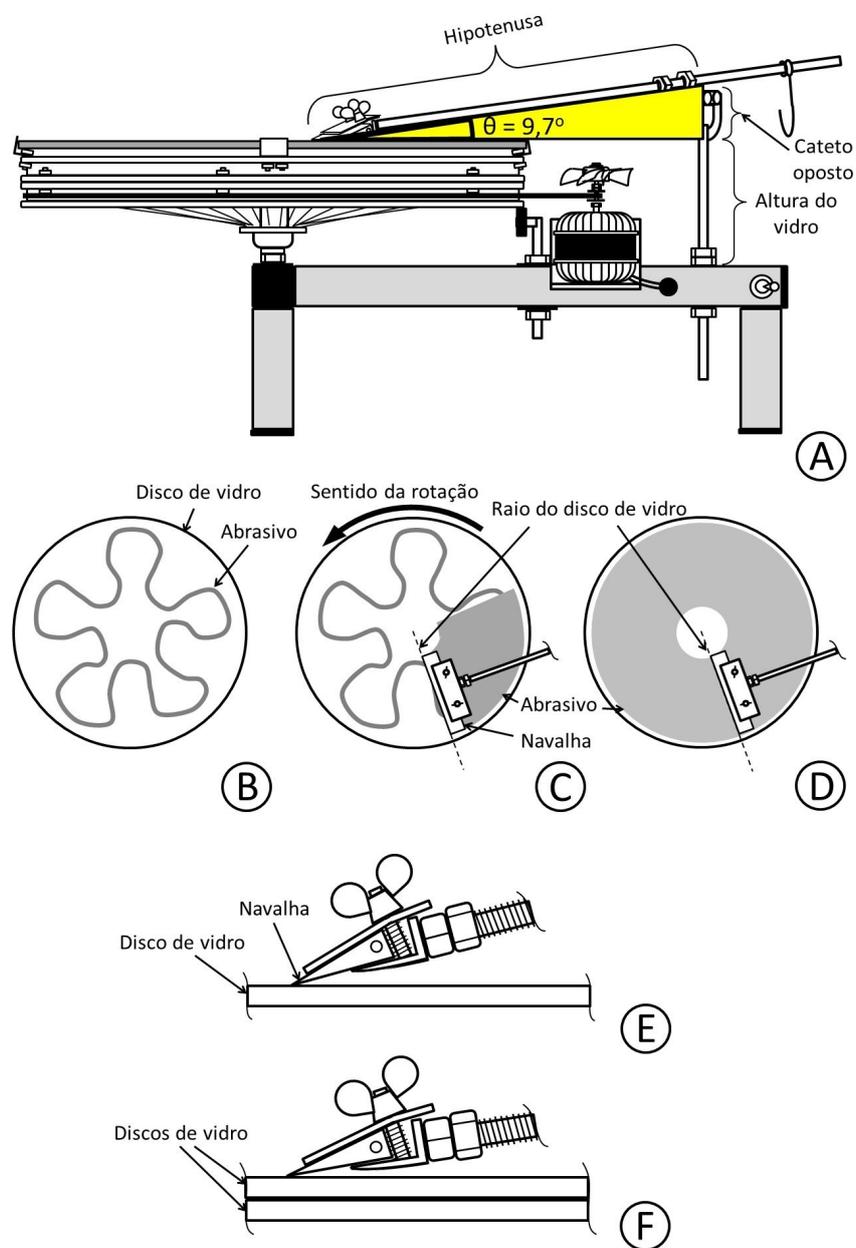


Figura 11. Esquemas do processo de afiação de navalhas. A- Visão frontal do afiador de navalhas, com a navalha presa ao suporte e apoiada sobre um disco de vidro (configuração para abrasivo fino), mostrando triângulo retângulo resultante (em amarelo) com o ângulo (θ) entre o braço e o disco de vidro em evidência. B- Visão superior do disco de vidro do afiador, com o abrasivo aplicado em zigue-zague. C- Espalhamento do abrasivo mediante contato com o fio da navalha. Pode-se utilizar uma lâmina histológica limpa para auxiliar nesse processo. A seta indica o sentido da rotação do disco e a linha pontilhada o alinhamento do fio da navalha com o raio do disco de vidro. D- Abrasivo completamente espalhado sobre o disco de vidro. E- Visão lateral do suporte portando a navalha e de parte do braço, onde a navalha encontra-se apoiada sobre um único disco de vidro (configuração para abrasivo fino). F- Como em E, porém, com a navalha apoiada sobre dois discos de vidro (configuração para abrasivo grosso).

Ajustes no Afiador de Navalhas

Primeiro, foi feito o devido ajuste no afiador de navalhas (Fig. 11). Para tal fim, foi utilizado apenas um disco de vidro (Fig. 11A). Foi colocada uma navalha com fio tipo C no suporte cujo braço foi ajustado para que o fio da navalha ficasse posicionado no raio do disco de vidro (Fig. 11C, D). Para evitar movimentos laterais do braço, foi utilizada uma contraporca na haste que sustenta o braço ao chassi (Fig. 1B). Foi então considerado um triângulo retângulo cuja a hipotenusa ia do fio da navalha à região da haste do braço sobre a articulação da dobradiça (Fig. 11A). O cateto maior (horizontal) ia do fio da navalha, seguindo rente ao disco de vidro, se prolongando até a haste que sustenta o braço. O cateto menor ia desse último ponto à região da haste do braço sobre a articulação da dobradiça. Optou-se pelo ajuste com a hipotenusa medindo 44,5 cm e o cateto oposto, 7,5 cm. Para se calcular o ângulo formado entre o braço (hipotenusa) e o disco de vidro (cateto adjacente), foi aplicada a fórmula $\text{Sen } \theta = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{hipotenusa}}$. Assim, dividindo 7,5 por 44,5 obteve-se 0,17, valor este aproximado do Sen $9,7^\circ$, ou seja, o ângulo em questão é aproximadamente $9,7^\circ$. Para a reprodução desse valor em outras máquinas, é necessário buscar a relação cateto oposto/hipotenusa = 0,17, ou seja, o cateto oposto deve ter 17% da medida da hipotenusa. Dessa forma, ao adicionar um segundo disco de vidro sobre o preexistente (Fig. 11E, F), ocorreria uma diminuição do cateto oposto, diminuindo sensivelmente o ângulo entre a hipotenusa e o cateto adjacente sem a necessidade de mexer na regulagem do braço. Essa alternância de ângulos é importante para uma maior eficiência no processo de afiação, aonde se emprega o abrasivo grosso com um ângulo menor e o abrasivo fino com um ângulo maior.

Processo de Afiação de Navalhas

Com o ajuste concluído, procedeu-se à afiação das navalhas. Foram utilizadas navalhas de aço afiáveis, fio tipo C, com 12 e 16cm de comprimento da marca Leica. A primeira parte do processo de afiação foi realizada utilizando-se dois discos de vidro empilhados (Fig. 11F). O abrasivo grosso foi espalhado em zigue-zague sobre a superfície do disco superior (Fig. 11B) com o braço do afiador erguido. A navalha foi acoplada ao suporte que foi repousado sobre o disco. O motor foi ligado e, mediante ação do contato da navalha com a superfície do vidro, o abrasivo foi espalhado formando uma cama abaixo do trajeto da navalha (Fig. 11C, D). Para auxiliar nesse espalhamento, uma lâmina histológica limpa foi utilizada como um mini rodo.

O desgaste promovido pelo abrasivo grosso foi em sentido acrópeto por ter sido realizado em ângulo menor. Assim, ele se iniciava basalmente (Fig. 12A) até alcançar o fio danificado (Fig. 12B, C), que deve ser completamente desgastado pela ação do abrasivo até remoção de todos os dentes. Como a superfície sob a ação do abrasivo grosso se torna fosca, contrastando com a superfície polida original, ficava fácil acompanhar o progresso dessa etapa durante o processo de afiação. Esse processo foi realizado em ambos os lados do fio da navalha. Para desgaste do lado oposto, a navalha foi removida do suporte e recolocada invertida. O disco de vidro e a navalha foram limpos e foi adicionado nova alíquota de abrasivo grosso. Para a limpeza, foi utilizado papel toalha seco, finalizando com papel toalha embebido com etanol 96%. Ao concluir o desgaste do lado oposto, percebeu-se, ao tato, uma leve rebarba no fio, que foi removida trocando mais uma vez o lado da navalha e submetendo a dois minutos no mesmo abrasivo.

Com a conclusão do devido desgaste com o abrasivo grosso em ambos os lados do fio da navalha, a navalha e o suporte foram limpos para remoção de todo resto de abrasivo grosso, o disco de cima foi removido (e limpo), foi aplicado o abrasivo fino em zigue-zague sobre o disco que permaneceu no equipamento (Fig. 11B), o braço foi abaixado para que o fio da navalha estabelecesse contato com o vidro (Fig. 11E), o equipamento foi ligado e procedeu-se ao desgaste do fio de forma a remover os micro-arranhões deixados pelo abrasivo grosso. Como o ângulo da navalha com disco de vidro aumentou sensivelmente com a remoção de um dos discos de vidro, o desgaste do fio foi basípeto, iniciando no fio “*stricto sensu*” (Fig. 12D) e se estendendo até sobrepor todo o desgaste realizado pelo abrasivo grosso (Fig. 12E, F). Esse processo foi facilmente acompanhado pois a superfície desgastada pelo abrasivo fino é espelhada, contrastando com a superfície desgastada pelo abrasivo grosso. Esse processo foi realizado em ambas as faces do fio, efetuando-se a limpeza da navalha, suporte e disco, e aplicação de novo abrasivo fino no momento da troca de lado da navalha. Semelhante ao adotado para o abrasivo grosso, foi realizada uma segunda troca de lado, submetendo o fio da navalha a dois minutos de desgaste com o mesmo abrasivo fino já espalhado no disco para a remoção de qualquer vestígio de rebarba.

Durante todo o processo de afiação, ambos os abrasivos iam engrossando pela evaporação da água, pela incorporação de limalha da navalha e pela fragmentação das partículas abrasivas durante seu desgaste contra o fio da navalha. Para a manutenção da devida viscosidade do abrasivo, eventualmente eram adicionadas gotas de água sobre o abrasivo espalhado no disco de vidro durante a afiação. Para esse fim foi utilizado um conta-gotas.

Navalhas de 16 cm, quando relativamente novas, demoravam cerca de 15 minutos para afiar em cada abrasivo. As navalhas mais desgastadas, com o fio “mais alto”, podiam levar 40 minutos ou mais em cada abrasivo. O abrasivo era renovado a cada 20 minutos ou a cada vez que se trocava o lado da navalha, exceto na última virada para tirar rebarba. Essa última etapa era compensada na contagem do tempo. Por exemplo, uma navalha afiada por 20 minutos em cada abrasivo era afiada 8 minutos em um lado, 10 minutos no outro lado, mais 2 minutos no lado anterior para tirar rebarba do fio.

Com a finalização do processo de afiação, a navalha foi removida do equipamento e limpa. Com a ação do abrasivo fino, os micro-arranhões deixados no fio pelas partículas abrasivas do abrasivo grosso foram substituídos por micro-arranhões deixados pelas partículas abrasivas do abrasivo fino. Embora esses micro-arranhões fossem mais finos, ainda eram inconvenientes, necessitando o polimento para sua atenuação e arredondamento.

Polimento do Fio da Navalha

Para esse procedimento, a navalha foi firmemente presa ao suporte de navalha do polidor. O comprimento do braço do polidor foi ajustado para que o fio da navalha encostasse no rolo de borracha um pouco atrás da linha correspondente ao raio do rolo, para assim assegurar um contato de todo o fio da navalha com o rolo, porém com um “ângulo de ataque” pequeno, minimizando a agressividade da ação do rolo em rotação. Esse recuo foi de aproximadamente 3 mm, equivalendo a duas voltas na rosca do parafuso do braço.

Estando a navalha devidamente posicionada, essa foi pressionada com certa firmeza contra o rolo, de forma a frear um pouco a rotação do rolo no momento do acionamento do motor. O motor foi então ligado e iniciou a rotação do rolo sendo controlada de tal forma a freá-la em cerca de 20% com as ligeiras pressões do fio contra o rolo utilizando ambas as mãos. Para assegurar uma ação homogênea da borracha contra todo o comprimento do fio, foi realizada uma leve oscilação lateral, de amplitude de cerca de 5 mm, se valendo da folga que existe na articulação da dobradiça do braço, durante o processo de polimento.

O polimento foi realizado em três sessões alternadas de 1 minuto para cada lado. Após a conclusão, o fio da navalha foi limpo com papel toalha seco e a navalha foi testada.

Testando o Fio da Navalha

Para o teste da navalha, foram utilizadas amostras de órgãos vegetais de diferentes espécies que foram fixadas em FAA₅₀ (BERLYN & MIKSCHE, 1976) ou em solução fixadora contendo glutaraldeído e paraformaldeído (KARNOVSKY, 1965), que foram desidratadas em série etílica e infiltradas em resina glicol-metacrilato (Historesin[®], Leica), conforme instruções do fabricante. Os blocos de resina contendo as amostras foram aderidos a taquinhos de madeira com cola Araldite[®].

Para secionamento, foi utilizado um antigo micrótomo rotativo Leitz 1212 (Fig. 13A), em um de seus primeiros modelos, com várias peças obsoletas se comparadas aos modelos desse mesmo micrótomo da década de 1960! Dentre essas peças, tem-se o suporte da amostra, pouco rígido e altamente susceptível à flexão, inabilitando-o para o secionamento de amostras duras ou incluídas em resina. Além disso, esse suporte possui duas hastes laterais que limitam as opções de posicionamento do taquinho (Fig. 13B). Por fim, há o problema da flexão da navalha ao ser pressionada durante o processo de secionamento do bloco de resina.

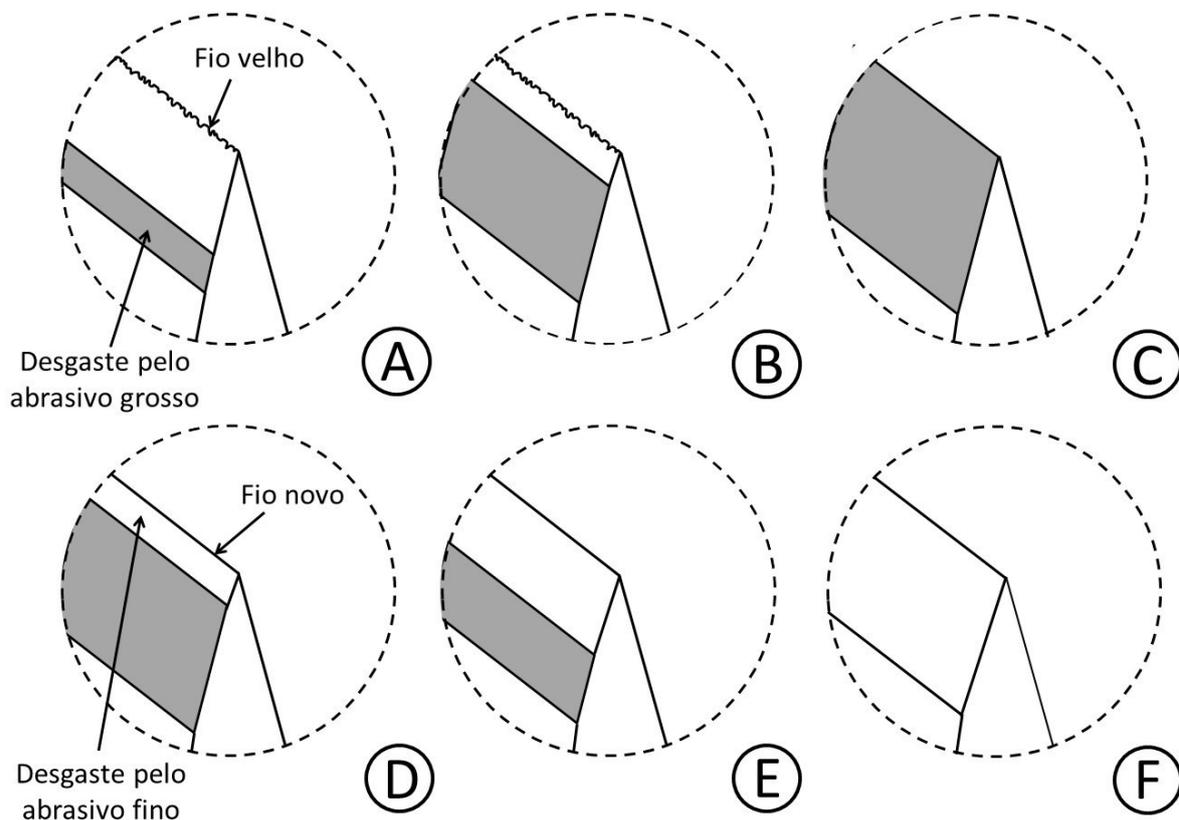


Figura 12. Esquemas do princípio de afiação de navalha mostrando as alterações sofridas no fio (A-F) mediante os diferentes ângulos de desgaste (vide Fig. 11E, F). A- Fio com dentes e início do desgaste pelo abrasivo grosso formando uma nova superfície (em cinza) em um ângulo menor que o ângulo do fio desgastado. B- Como em A, porém com o desgaste mais avançado. C- Desgaste pelo abrasivo grosso concluído, após consumir completamente o fio danificado. D- Início do desgaste pelo abrasivo fino em um ângulo maior que o ângulo de desgaste pelo abrasivo grosso, e igual ao ângulo do fio anterior. E- Como em D, porém com o desgaste mais avançado. F- Desgaste pelo abrasivo fino concluído, após eliminar toda superfície criada pelo abrasivo grosso.

Embora a navalha afiável com fio tipo C seja bem mais rígida que as navalhas descartáveis, o suporte do micrótomo possui dois pontos de fixação relativamente distantes entre si, e obviamente a porção da navalha equidistante desses pontos de fixação é a mais susceptível à flexão. Em contrapartida, as regiões da navalha próximas aos pontos de fixação são as mais rígidas. Assim, optou-se por utilizar a região próxima ao ponto de fixação à direita, por ser mais próxima à manivela e, conseqüentemente, melhor posicionada para a realização dos repetitivos movimentos de obtenção de cortes.

Objetivando-se o posicionamento do bloquinho de resina o mais lateral possível à direita, foi feito um recorte na parte de trás do taquinho de madeira, no lado destinado à adesão com o bloco de resina (Fig. 13C). Essa intervenção tornou possível contornar a barreira ocasionada por uma das hastes laterais do suporte (Fig. 13D), propiciando assim ao bloquinho de resina com a amostra uma trajetória vertical rente ao ponto de fixação do suporte da navalha à direita (Fig. 13A), solucionando o problema da flexão da navalha durante o seccionamento. Para solucionar o problema da flexão do suporte de amostra do micrótomo durante o seccionamento, foi colocada uma pequena cunha de madeira, de forma justa (travada) entre o suporte e o acoplador do braço. O ângulo da navalha foi ajustado para uma posição próxima à média, na regulagem do suporte da navalha (Fig. 13D).

Foram realizados cortes seriados, segundo procedimento descrito por Leitão (2018), com o micrótomo regulado para 2 e 3 μ m. As máquinas e abrasivos descritos no presente trabalho, bem como a técnica de afiação de navalhas foram testados rotineiramente ao longo de seis anos, portanto, as repetições foram incontáveis.

Após a utilização das navalhas, as mesmas foram limpas com papel toalha seco, foram adicionadas algumas gotas de óleo mineral Nujol[®] de forma a deixar o fio totalmente embebido em óleo e finalmente acomodadas em estojo apropriado. Para reutilização, as navalhas foram limpas com papel toalha seco e, posteriormente, embebido em etanol 96% para remoção do óleo.

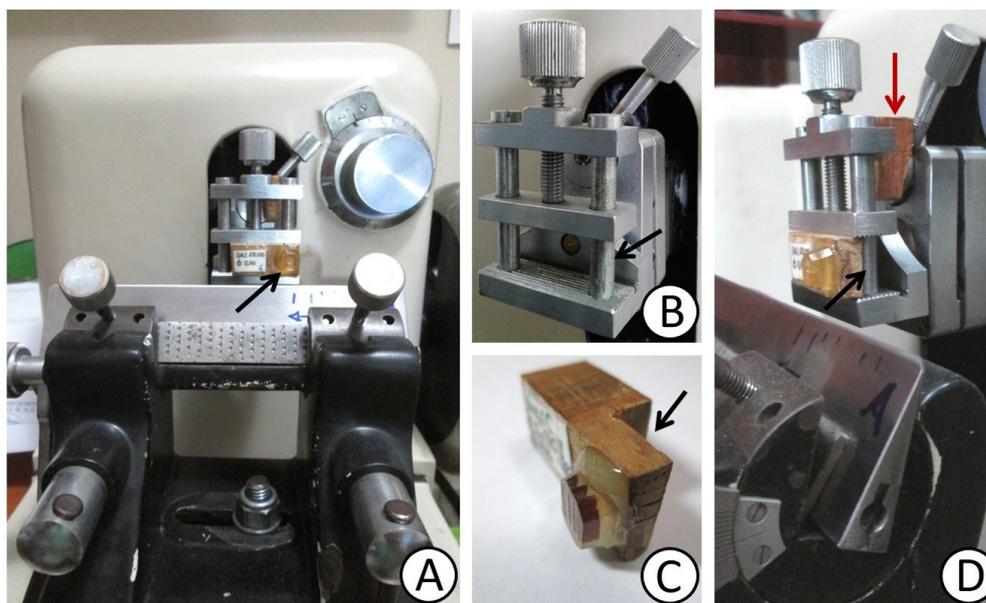


Figura 13. Ajustes do micrótomo para seccionamento de material botânico incluído em resina glicol-metacrilato. A - Antigo micrótomo Leitz 1212 com a navalha instalada e com o bloco (seta) posicionado o mais próximo possível ao ponto de fixação do suporte à navalha do lado direito. B - Detalhe do suporte de amostras do braço do micrótomo, mostrando uma das hastes laterais (seta). C - Detalhe do taquinho de madeira com o bloco de historresina aderido, mostrando recorte (seta) para encaixar na estrutura do suporte

de amostra do micrótomo de forma a ficar o mais lateralmente possível. D- Visão em perspectiva do micrótomo mostrando o suporte de amostra com um calço (seta vermelha) para impedir vibrações que interfiram no seccionamento, e a haste do suporte (seta preta) sendo contornada pelo taquinho graças ao recorte mostrado em C. Abaixo, no canto inferior esquerdo, nota-se a escala do ângulo da navalha em regulagem média.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As máquinas funcionaram de forma confiável e precisa, cumprindo a função de afiação de navalha de aço com fio tipo C. Ao longo de seis anos de teste, o afiador de navalhas passou pelos seguintes incidentes:

- Caiu no chão – reparo: troca dos dois discos de vidro e da haste do braço;
- Romperam três correias – reparo: troca imediata pois haviam sido feitas várias correias com a mesma câmara de ar;
- Afrouxou o parafuso que segura a hélice do motor elétrico – reparo: aperto de parafuso;
- Soltou parcialmente a tira de borracha que reveste o rolamento antivibração – reparo: aplicação de um pouco de Superbonder®.

O suporte da navalha é, talvez, a peça que exige mais atenção na confecção, para permitir que segure a navalha com firmeza, precisão, e em ângulo mais agudo possível com o disco de vidro. Assim, é necessário realizar o arredondamento na parte inferior da peça (Fig. 3D) com cuidado.

Um aprimoramento realizado no afiador foi a adição de um clipe preso ao motor com dois pedaços de arame (Fig. 10B), para servir de guia para a correia, bem como um pedaço de arame preso ao rolamento antivibração, sessando assim algumas escapadas de correia.

Uma sugestão para aprimoramento seria encurtar o chassi em 15cm, tornando assim o equipamento um pouco mais compacto. Não é recomendável utilizar uma roda menor, pois a diferença de perímetro na trajetória do disco de vidro sob o fio da navalha poderia gerar desgastes demasiadamente desuniformes ao longo do fio da mesma. Em contraposição, o ideal seria a utilização de uma roda maior, porém há o inconveniente de aumentar demais o volume do equipamento.

Também, é aconselhável a utilização de uma dobradiça mais precisa na articulação do braço do afiador, pois a dobradiça de porteira possui uma pequena folga lateral que se intensifica no extremo do braço, que embora não atrapalhe no processo de afiação, incomoda o operador. Assim, recomendaria uma dobradiça de porta pesada de uso doméstico.

O polidor de fio de navalha não apresentou irregularidade. Inclusive, a folga da dobradiça é conveniente por permitir uma pequena oscilação lateral da navalha sobre o rolo de borracha, para assegurar um melhor contado com toda a extensão do fio da mesma. Porém, é um equipamento perigoso, exigindo atenção em sua utilização, pois rolo gira rapidamente sob o fio afiado de uma navalha. O suporte para a navalha deve ser bem confiável e deve-se assegurar que a navalha esteja bem presa quando for utilizar o equipamento. Assim, não é necessário que a superfície inferior seja tão desgastada quanto o suporte de navalha do afiador (Fig. 3D), pois não ficará rente a nenhuma superfície.

Como a navalha deve ser pressionada contra o rolo freando-o, conseqüentemente o motor é submetido a certa sobrecarga de esforço. Portanto, é recomendável deixar o motor em repouso caso se perceba um superaquecimento. Também, é recomendável utilizar o lado do rolo próximo ao rolamento, ou seja, oposto à articulação com o motor. Esta é fisicamente mais frágil que a conexão do eixo do rolo com o rolamento, e portanto, convém não submetê-la aos esforços do fio da navalha pressionado contra o rolo. É importante lembrar que o rolo de máquina de escrever não foi desenvolvido para suportar grandes esforços, sendo as extremidades dos eixos, ou seja, os pontos de apoio, as regiões mais vulneráveis. Por isso deve-se tomar cuidado redobrado ao utilizar o polidor. Os abrasivos desempenharam sua função tal qual os abrasivos

específicos para micrótomos das mais renomadas marcas. Porém, há a vantagem de se utilizar sem restrições por economia, haja vista o baixo custo dos mesmos. É recomendável não encher demasiadamente o vasilhame, ou seja, não ultrapassar 4/5 da sua capacidade, para não dificultar a homogeneização antes da sua utilização.

Caso seja inviável a construção dos equipamentos, ao menos em um primeiro momento, uma alternativa seria a utilização desses abrasivos sobre uma placa de vidro para afiação manual da navalha utilizando o dorso e o cabo acoplados, realizando movimentos circulares. Nesse caso, convém utilizar uma face do vidro para cada abrasivo. Já no afiador, convém utilizar uma face de disco para cada abrasivo, e principalmente para cada tamanho de navalha. Também, é importante sempre utilizar a mesma trajetória da navalha sobre o disco de vidro. Com o tempo, essa trajetória progressivamente se desgasta, tornando-se uma região mais fina do vidro. Dependendo da intensidade dessa irregularidade, pode começar a se tornar inconveniente por afetar a precisão do fio da navalha durante a afiação. Nesse caso, convém não utilizar mais a face do disco de vidro em questão ou então recuperar o vidro mediante algum processo de desgaste regular do mesmo.

Quanto ao teste do fio da navalha ao micrótomo, foi possível a aquisição, com facilidade, de cortes seriados com $3\mu\text{m}$, praticamente sem perdas (Fig. 14A), desde que se tomasse os devidos cuidados e desde que a umidade relativa do ar não estivesse elevada a ponto de hidratar a resina durante o seccionamento. Também foi possível a obtenção de ótimos cortes com $2\mu\text{m}$, porém houve várias perdas que inviabilizaram aquisição de séries contínuas de numerosos cortes com essa espessura. Quando analisados ao microscópio, os cortes se mostraram precisos, com mínimas micro-estriações decorrentes de imperfeições no fio (Fig. 14B), atestando a funcionalidade dos equipamentos, abrasivos e técnicas aqui descritos.

É sempre importante ter muito cuidado em todos os procedimentos que envolvam a utilização da navalha. Esta, mesmo estando com o fio desgastado, ainda possui mais poder de corte que uma faca de cozinha bem afiada e, portanto, oferece riscos de ferimentos profundos.

Este trabalho é mais uma iniciativa para viabilizar a prática de ciência a baixo custo promovendo ótimos resultados (JORDÃO & TAKAKI, 1986; PAIVA *et al.*, 2006; LEITÃO & CORTELAZZO, 2008; MARINHO & LEITÃO, 2014; LEITÃO, 2015; 2016; MARINHO *et al.*, 2016; LEITÃO, 2018; RIBEIRO & LEITÃO, 2020; SILVA *et al.*, 2020).

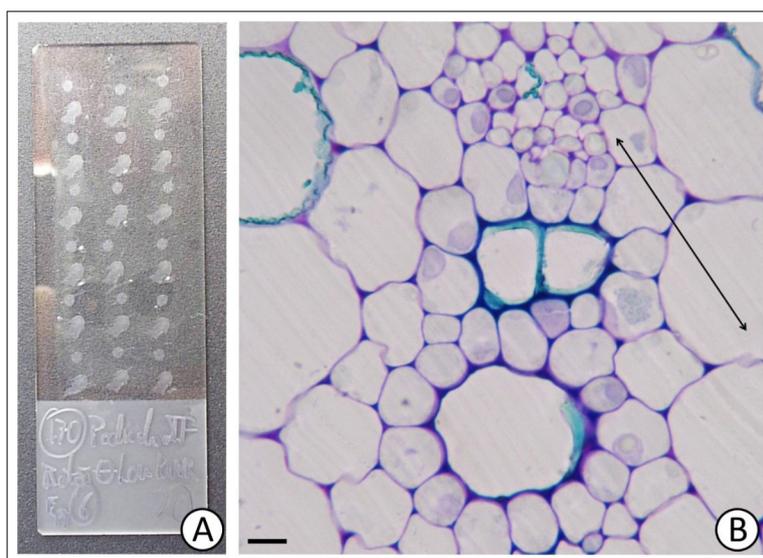


Figura 14. Cortes obtidos com os equipamentos, abrasivos e procedimentos propostos. A- Visão de uma lâmina histológica com 15 cortes seriados de $3\mu\text{m}$ de espessura de botão floral de *Rodriguezia venusta*. B-

Micrografia do corte transversal do pecíolo de *Philodendron imbe*, com 3µm de espessura, corado com azul de Toluidina em pH 4,0. A seta de duas pontas indica a direção das micro-estriações na resina. Barra de escala: 10µm.

CONCLUSÕES

Os equipamentos construídos, os abrasivos preparados e as técnicas de afiação e seccionamento aqui descritos se mostraram perfeitamente eficazes, sem nenhum detrimento em relação equipamentos caros de alta tecnologia no que diz respeito a aquisição de cortes de qualidade em historresina. São equipamentos menos ergonômicos, não automatizados e menos seguros, é verdade; não obstante funcionam tão bem quanto os similares de marcas renomadas, com a grande vantagem do baixo custo e fácil e rápida manutenção, por serem simples e constituído por peças facilmente encontradas no comércio. Assim, são itens quase obrigatórios para laboratórios de citologia, histologia, patologia e anatomia vegetal com restrições de recurso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Prof^a Dr^a Beatriz Apezzato-da-Glória, do Depto. de Ciências Biológicas da Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz-ESALQ/USP, por sugerir utilizar cera automotiva de polimento como abrasivo de afiação e navalha, bem como por motivar a publicação de um trabalho sobre os afiadores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELL, GA. The sharpening of microtome knives. **Journal of Clinical Pathology** **11**, 273-277, 1958.
- BERLYN, GP; MICKSCHE, JP. **Botanical microtechnique and cytochemistry**. Ames: The Iowa State Press, 1976, 326p.
- JORDÃO, LR; TAKAKI, M. An efficient microbiological hood. **Arquivos de Biologia e Tecnologia** **29**, 297-99, 1986.
- KARNOVSKY, MJ. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy. **Journal of Cell Biology** **27**, 137-138, 1965.
- LEITÃO, CAE. An alternative stage micrometer for use at light microscope. **Perspectivas da Ciência e Tecnologia** **8**(2), 58-61, 2016.
- LEITÃO, CAE. Chapa aquecedora artesanal para secagem de meio de montagem de lâminas permanentes. **Genética na Escola** **10**, 170-175, 2015.
- LEITÃO, CAE. Working optimally with serial sections in glycol methacrylate resin. **Brazilian Archives of Biology and Technology** **61**, e18180103, 2018.
- LEITÃO, CAE; CORTELAZZO, AL. An inexpensive alternative equipment for the plant material embedding in the paraffin under the vacuum. **Brazilian Archives of Biology and Technology** **51**, 1011-1014, 2008.
- MARINHO, LC; LEITÃO, CAE. Herborization hot chamber set upon a steel stand: a low-cost alternative for laboratories in developing. **Revista Biociências** **20**, 32-39, 2014.
- MARINHO, LC; TAKIYA, C; LEITÃO, CAE. Polarizing filters installation in biological microscope using recycled material. **Perspectivas da Ciência e Tecnologia** **8**(1), 29-34, 2016.
- PAIVA, JGA; FRANK-DE-CARVALHO, SM; MAGALHÃES, MP; GRACIANO-RIBEIRO, D. Verniz vitral incolor 500[®]: uma alternativa de meio de montagem economicamente viável. **Acta Botanica Brasilica** **20**, 257-264, 2006.
- RIBEIRO, VC; LEITÃO, CAE. Utilisation of Toluidine blue O pH 4.0 and histochemical inferences in plant sections obtained by free-hand. **Protoplasma** **257**(3), 993-1008, 2020.
- SILVA, CJ; LIMA, LHF; PAIVA, PM; MAIA, LM; ROCHA, REO; SOUZA, TD; CARVALHO, DACA. An inexpensive and environmentally friendly staining method for semi-permanent slides from plant material probed using anatomical and computational chemistry analyses. **Rodriguésia** **71**, e01662018, 2020.

