

# Princípios teóricos de substituição de ação rotacional de músculo extra-ocular

## II - Posição de equilíbrio e balanço de forças: esquemas representativos

Harley E. A. Bicas (\*)

No sistema oculomotor, a interação de forças "ativas" (dependentes das contrações musculares em resposta a estímulos inervacionais) e "passivas" (decorrentes das estruturas perioculares, atuando como simples elásticos) determina-lhe as características funcionais, posição de equilíbrio e demais elementos que possibilitam sua tipificação

como um conjunto mecânico (BICAS, 1978a). Certamente, a modificação de qualquer dos componentes desse equilíbrio, alterá-lo-á. Assim, sobre uma combinação ideal de forças de equilíbrio oculomotor (figs. 1 a, 1 e) pode ocorrer um defeito, tanto das forças ativas (figs. 1 b, 1 c, 1 d), como das passivas (figs. 1 f, 1 g, 1 h).

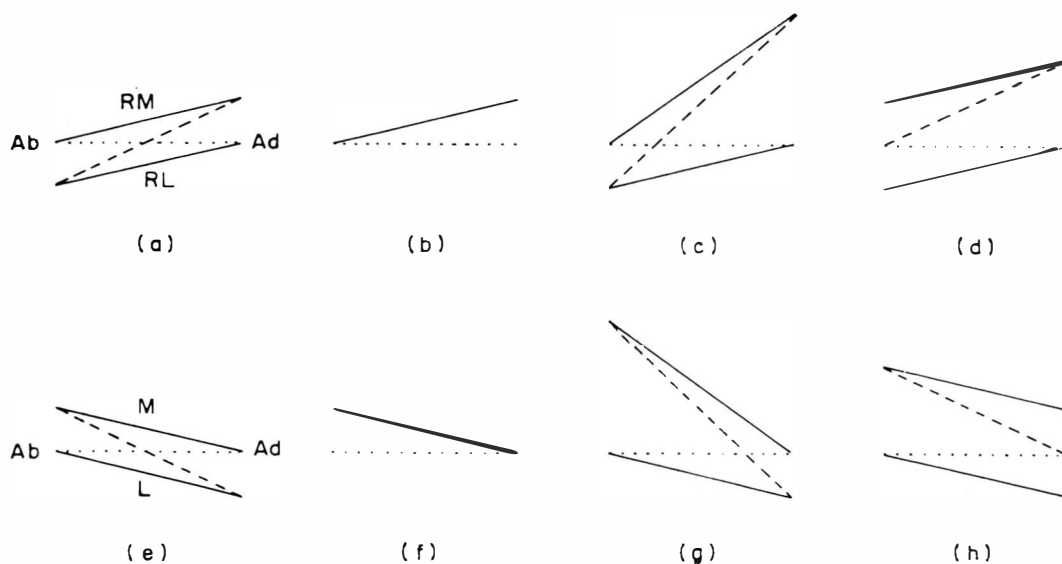


Fig. 1 — Representação do equilíbrio de forças ativas (a, b, c, d) e passivas (e, f, g, h). Exceto nos casos em que o equilíbrio é normal (a, e), todas as outras condições mostram predominância de forças de adução sobre as de abdução: ou porque faltam estas, numa suposta paralisia de reto lateral (b), ou numa ausência de tecidos elásticos que promovam abdução (f). Ou então, por excesso das trações adutoras: em hiperatividades do reto medial (c, d) ou em restrições à abdução (g, h).

A representação cartesiana dessas variáveis (forças em ordenadas e posições oculares em abscissas) pode privilegiar desde o entendimento pictórico de funções ou forças resultantes (fig. 2) ao de posições de equilíbrio do sistema (ponto do eixo das abscissas cortado pela resultante de forças

ativas e passivas (fig. 3), conforme o estabelecimento das convenções. A vantagem é a de se poder vislumbrar, esquematicamente, condições de alteração do sistema de forças, com a finalidade de se o corrigir.

O equilíbrio oculomotor é alterado por procedimentos que modificam diretamente

\* Professor Titular, Chefe do Departamento de Oftalmologia e Otorrinolaringologia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. 14.100 — Ribeirão Preto — SP — Brasil.

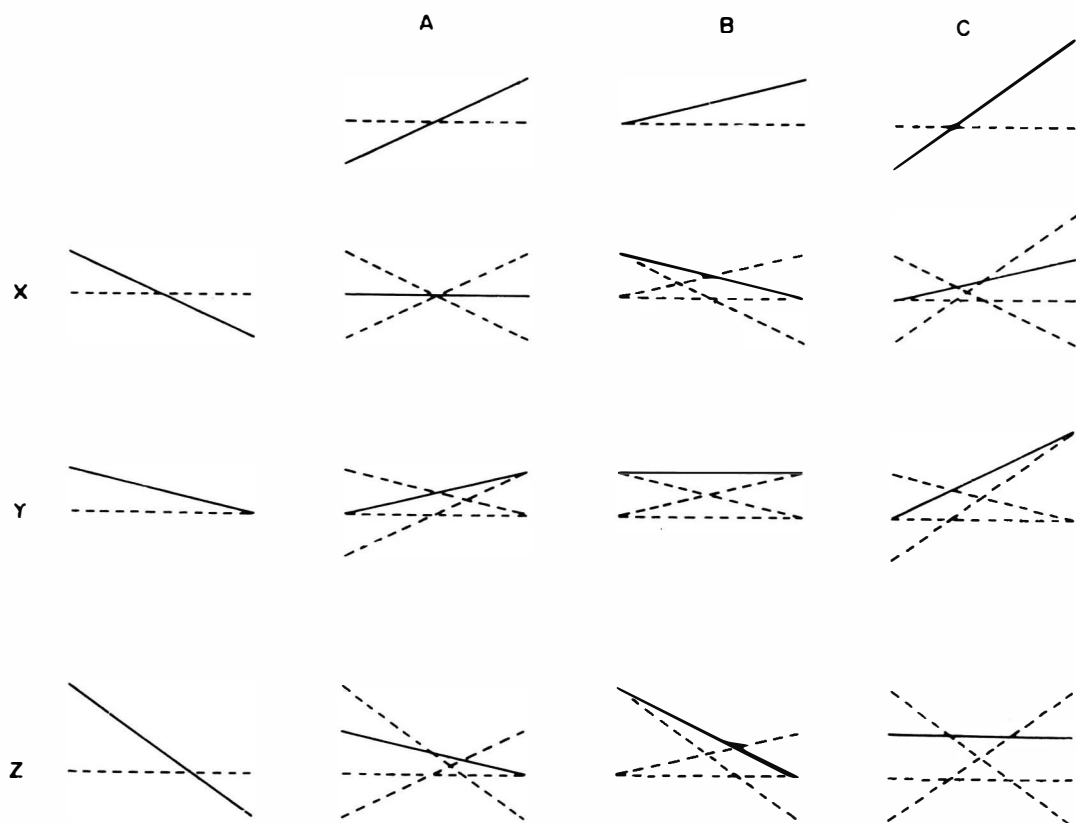


Fig. 2 — Combinações de possíveis estados de equilíbrio de forças ativas: normais (A, cf. fig. 1 a) ou anormais (B, cf. figs. 1 b, 1 d; ou C, cf. fig. 1 c), com passivas: normais (X, cf. fig. 1 e) ou anormais (Y, cf. figs. 1 f, 1 h; ou Z, cf. fig. 1 g). O resultado é, obviamente, sempre de preponderância de forças de adução (linhas cheias sempre acima dos respectivos eixos das abcissas) mas estas podem ser mais acentuadas em adução (combinações CX, AY, CY), em abdução (combinações BX, AZ, BZ), ou aproximadamente iguais em todos os sentidos do olhar (combinações BY, CZ). A única combinação normal é a AX.

as causas de um desvio (liberação de contenções), ou por aqueles que atuam sobre os efeitos de um erro inervacional (enfraquecimentos musculares nas hiperfunções, reforços nas hipofunções). Um recuo de inserção muscular, por exemplo, altera o balanço de forças, não só por diminuição da ação passiva (elástica) num dado sentido, como por maior absorção da inervação que o músculo recebe para sua ação (BICAS, 1978 b), sendo esta última mais importante (BEISNER, 1971). Uma ressecção atuará de modo oposto.

Assim, num caso de paralisia do reto lateral, por exemplo, a neutralização das forças ativas remanescentes poderia deslocar a posição de equilíbrio, viciosamente em adução ( $E_a$ , figura 4 b) para a primária ( $E_o$ , figura 4 b): a anulação de A (forças ativas) faz com que a resultante de forças ( $R_1$ ) se

transforme em P, isto é, reduz o sistema à condição de balanço estabelecida apenas pelas forças passivas (P).

Por outro lado, a colocação de um artefato elástico (mola) em oposição à ação do músculo atuante pode, também, restabelecer o equilíbrio de forças, recolocando o olho em posição mais conveniente (figura 5).

Embora a resultante de equilíbrio seja idêntica tanto num caso como no outro (P na figura 4 a e  $R_1=P$  na fig. 5 a), a composição de forças é totalmente diferente: no primeiro caso, as forças ativas foram eliminadas (sujeitando o sistema à atuação apenas das forças passivas, que pela sua própria condição de não controle inervacional, não facultam a movimentação ocular voluntária); e no segundo caso, as forças ativas são contrabalançadas pelo artefato elástico, que embora também passivo per-

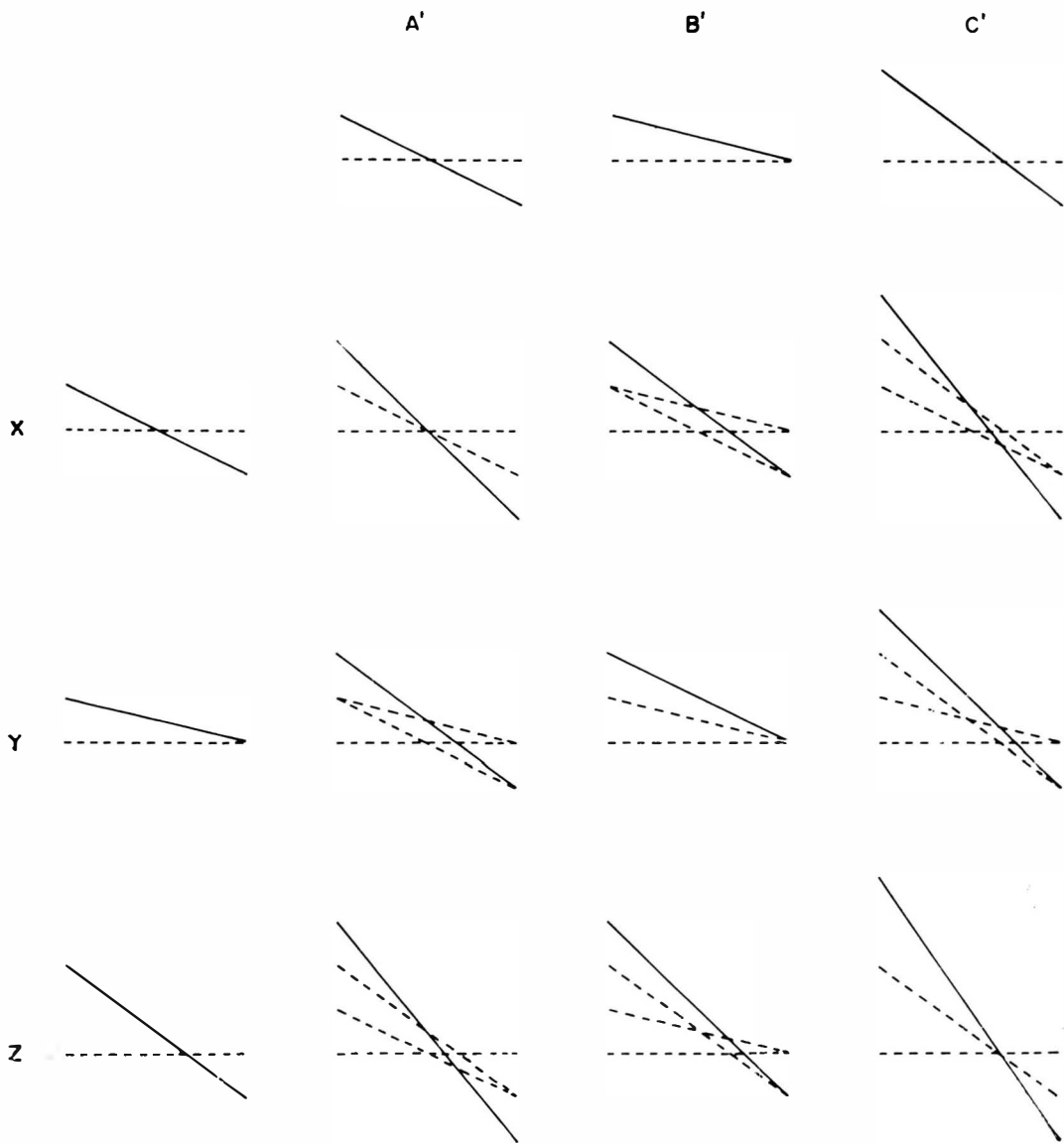


Fig. 3 — Representação do equilíbrio de forças: a simples inversão especular das resultantes ativas (em torno de um eixo vertical de forma que as representações A, B, C da figura 2 se transformem em A', B', C') dará como novas resultantes, linhas que sempre cruzarão o eixo das abscissas à direita do ponto central (zero), isto é, em adução, sugerindo nessa intersecção qual deva ser o novo ponto de equilíbrio posicional do sistema. A combinação A'X é a única normal.

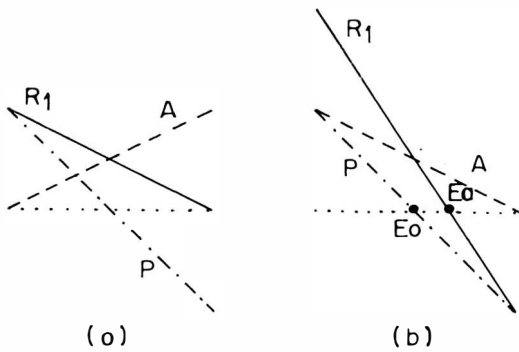


Fig. 4 — Representação esquemática de forças, num caso de paralisia do reto lateral: (a): equilíbrio de forças ativas (A) e passivas (P) com sua resultante ( $R_1$ ); (b): posição de equilíbrio ( $E_a$ ) originada dessas mesmas forças ativas (A) e passivas, com sua resultante (R).

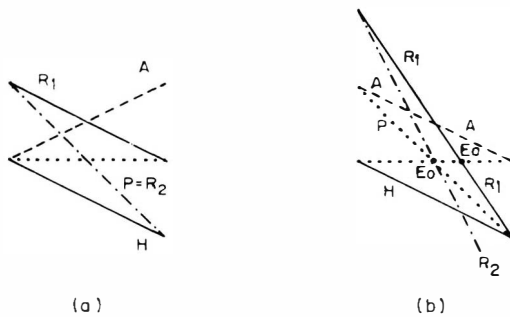


Fig. 5 — (a): Representação do equilíbrio de forças ativas (A) e passivas (P), com sua resultante ( $R_1$ ); forças de adução tanto maiores quanto maior a abdução, que pode ser contrabalançada por ação de um artefato (H: forças de abdução tanto maiores quanto maior a adução), originando-se um novo estado de equilíbrio ( $R_2$ , coincidente a P). (b): esquema de posições de equilíbrio do sistema, pela ação de forças ativas (A) e passivas (P), com sua resultante ( $R_1$ ); equilíbrio em posição de adução, ( $E_a$ ); com a ação do artefato (H), a resultante do equilíbrio se modifica (agora  $R_2$ ), gerando novo ponto de estabilidade ( $E_0$ ).

mite agora ao sistema a **regulação** de equilíbrio das forças e (consequentemente) de posições. Em última análise, a presença ou ausência de forças **ativas** (A), ajustáveis voluntariamente, faz com que o olho se mova de uma posição de equilíbrio  $E_0$  (quando sob ação de forças A, figura 6 b) para outra em **abdução** ( $E_b$ , figura 6 d).

Se a realidade do sistema oculomotor fosse regida por variações elásticas (passivas) e inervacionais (ativas) **lineares**, como sugere a simplificação até aqui considerada, seria fácil determinar-se a posição para a qual o olho devesse ser "ancorado" sob anestesia (sem ação das forças ativas) para que resultasse em vigília (sob ação de inervação **normal**) um equilíbrio correto em posição primária: o ponto de ancoragem" com o dispositivo elástico ( $E_b$ ) seria o mesmo de desequilíbrio prévio ( $E_a$ ), com sinal invertido ( $E_b = -E_a$ ) (figura 7 a). Como essa condição (linearidade de variações das forças atuantes no equilíbrio oculomotor, em função das posições do olhar) não é necessariamente obedecida (fig. 7 b), a determinação de situações de ancoragem do "novo" sistema elástico só pode ser feita por aproximações; cujos erros serão tanto menores, quanto melhor se conhecer o conjunto de forças próprias dos envoltórios e músculos do olho (passivas e ativas) além das adicionadas a essas prévias pelo dispositivo que pretende corrigir o problema das mesmas.

(N.E.: As figuras 6 e 7 estão, respectivamente, nas páginas 168 e 169).

#### RESUMO

Através de esquemas que representam as variações de forças atuantes sobre o equilíbrio oculomotor (ativas e passivas) em função de diferentes situações do olhar, num dado plano, estuda-se teoricamente a possibilidade de influenciar aquele equilíbrio, pela introdução de um dispositivo elástico, no sistema.

#### SUMMARY

Graphs which represent the oculomotor balance by considering variations of forces (actives and passives) as function of eye positions in a given plane, are used for studying theoretic possibilities of modifications of that oculomotor balance with an elastic device added to the system.

#### BIBLIOGRAFIA

- BICAS, H. E. A. (1978 a) — Análise da mecânica ocular. Arq. Bras. Oftalmol., 41 (3): 116-124.  
 BICAS, H. E. A. (1978 b) — Fisiopatologia da motilidade ocular extrínseca. I: Sistema mecânico ou passivo. Rev. Lat. Am. Estrab., 2 (2): 7-16.  
 BEISNER, D. H. (1971) — Reduction of ocular torque by medial rectus recession. Arch. Ophthalmol., 25 (1): 13-17.

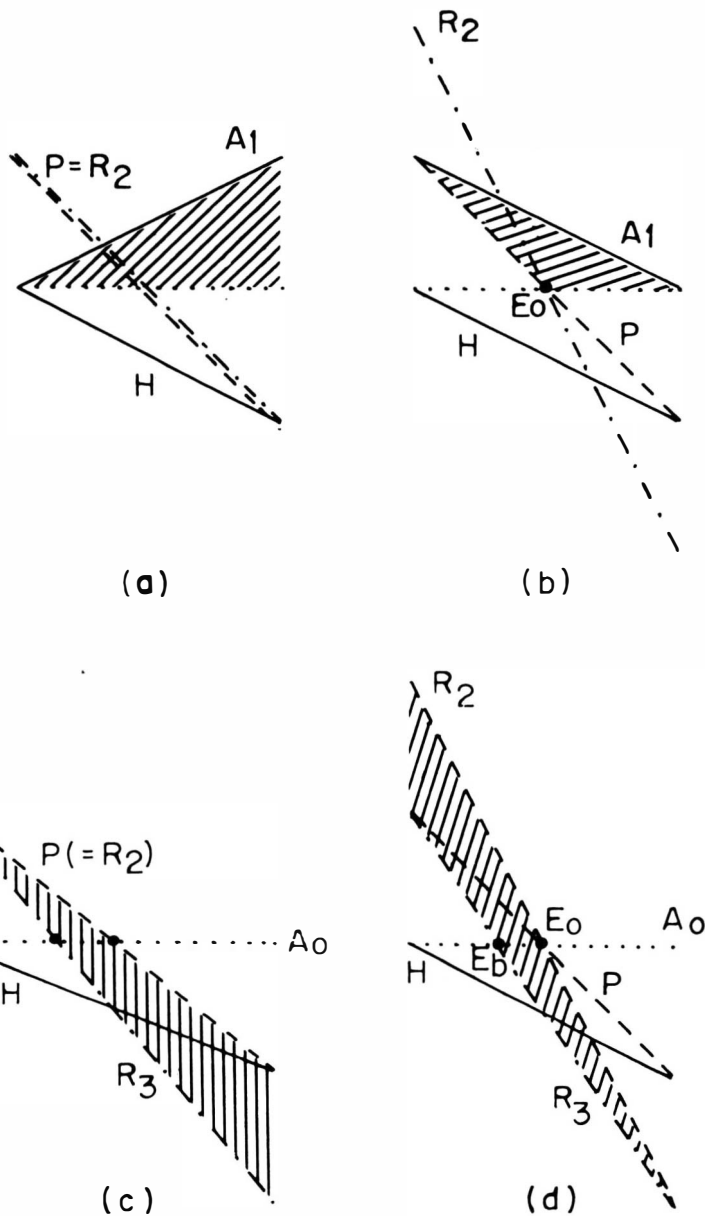


Fig. 6 — Representação esquemática de forças ativas (A), passivas (P) e artificialmente introduzidas no sistema por um artefato elástico (H). (a): Na presença de contração muscular (forças  $A_1$ ) o equilíbrio de forças se dá pela resultante  $R_2 = P$ ; (c): e na ausência daquelas ( $A_0$ ) pela resultante  $R_3$ ; (b): a posição de equilíbrio do sistema está, sob ação de forças ativas ( $A_1$ ) em  $E_0$ ; (d): e na ausência destas ( $A_0$ ) é  $E_b$ . As áreas hachuradas representam a extensão das possíveis variações das forças ativas ( $A_1$  a  $A_0$  e vice-versa, em a e b) e das consequentes resultantes do sistema ( $R_2$  a  $R_3$  e vice-versa, em c e d).

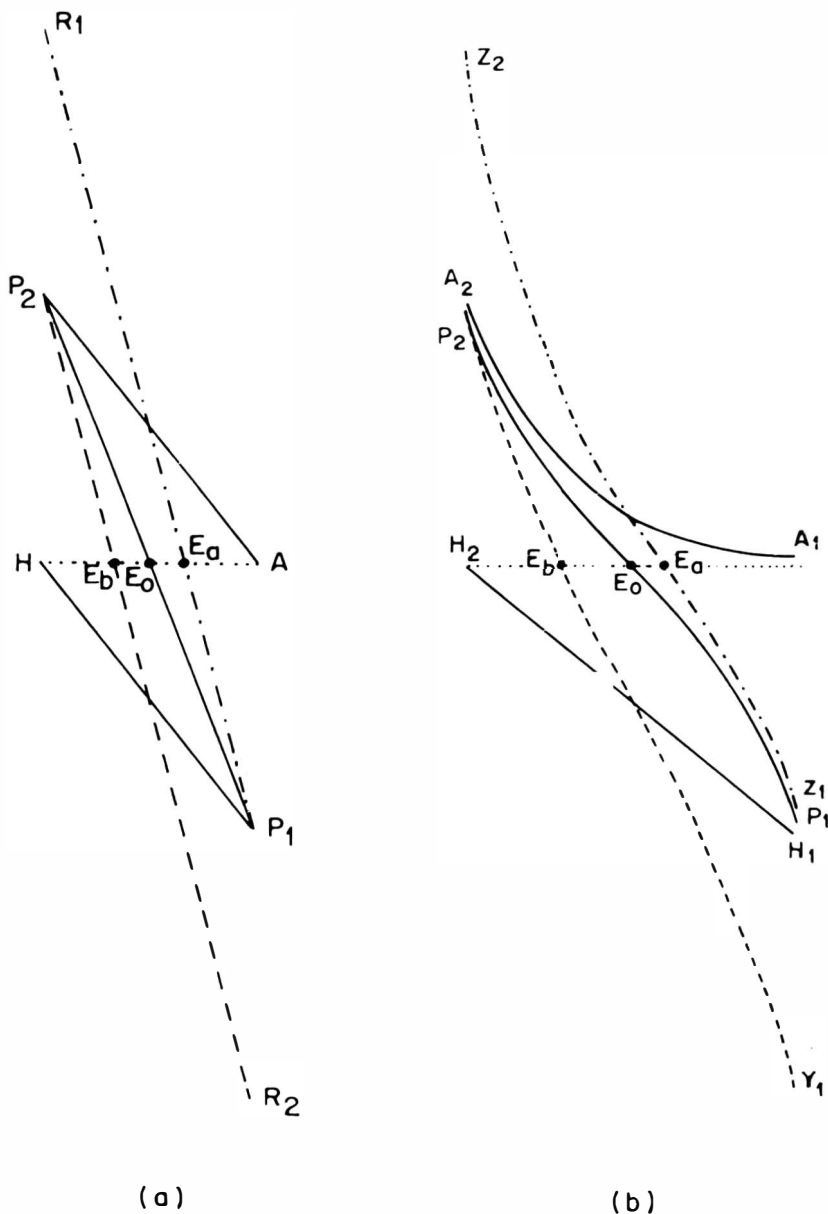


Fig. 7 — (a): A composição de forças passivas (linha  $P_1P_2$ ) com ativas (linha  $AP_2$ ) dá como resultante, sob vigília, a linha  $P_1R_1$  (onde  $R_1 = 2 P_2$  e  $P_1 = - P_2$ ); sob anestesia e com dispositivo em ação (linha  $HP_1$ ), este se compõe com as forças passivas (linha  $P_1P_2$ ) para dar nova resultante (linha  $P_2R_2$ , onde  $R_2 = 2 P_1$ ). Como se vê, os traços  $R_1P_1$  e  $P_2R_2$  são simétricos em relação à linha  $P_1P_2$  e portanto as distâncias  $E_a - E_0 = E_0 - E_b$  são iguais, o que significa que  $E_a$  e  $E_b$  são simétricos em relação a  $E_0$ . (b): a composição de uma linha curva ( $P_1P_2$ ) com uma reta ( $H_1H_2$ ) ou com outra curva ( $A_1A_2$ ) dará, obviamente, resultantes diferentes (respectivamente  $Y_1P_2$ ) e  $Z_1Z_2$ ), de traçados dissimilares e não necessariamente simétricos em relação a linha  $P_1P_2$ .