



# MEDIÇÃO DA POTÊNCIA DAS LENTES - O FOCÓMETRO -

## AUTOR

**David Wilson:** Brien Holden Vision Institute (BHVI), Sydney, Australia

## REVISOR

**Mo Jalie:** Visiting Professor: University of Ulster, Varilux University in Paris

## ESTE CAPÍTULO IRÁ INCLUIR UMA REVISÃO DE

- Neutralização manual
- Focómetro
- Focómetro – Princípio e construção
- Uso do focómetro – Alvos de linhas e pontos
- Determinação da potência das lentes usando alvos de linhas e pontos
- Determinação do prisma com focómetro
- Uso do focómetro – Fontes do erro
- Focómetros de Projeção e Automáticos

## INTRODUÇÃO

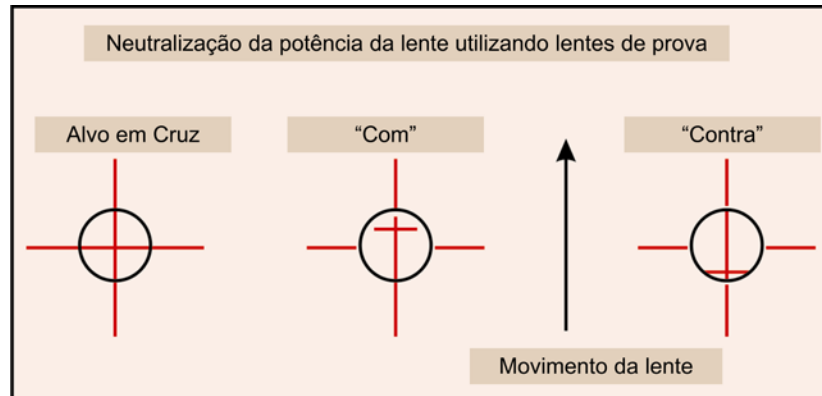
A potência das lentes (normalmente potência ao vértice posterior), pode ser determinada usando a técnica de neutralização manual ou, mais conhecido actualmente, o uso de um focómetro.

O instrumento que é normalmente usado no consultório para neutralizar a lente é conhecido por vários nomes em diferentes países, nomeadamente o focómetro e frontofocómetro. O primeiro instrumento patenteado deste tipo foi também chamado de “refractómetro”.

## NEUTRALIZAÇÃO MANUAL

### NEUTRALIZAÇÃO MANUAL

A neutralização manual pode ser feita, visualizando um alvo distante em forma de cruz através das linhas cujos membros se estendem além da margem da lente. A lente desloca-se para cima e para baixo, esquerda e direita para verificar a presença de um movimento 'com' ou 'contra'. Um movimento 'com' é visto com lentes de potência negativa e um movimento 'contra' é visto com uma lente de potência positiva (Figura. 2.1).



**Figura 2.1:** Identificação das lentes através do movimento das lentes contra um alvo distante em forma de cruz

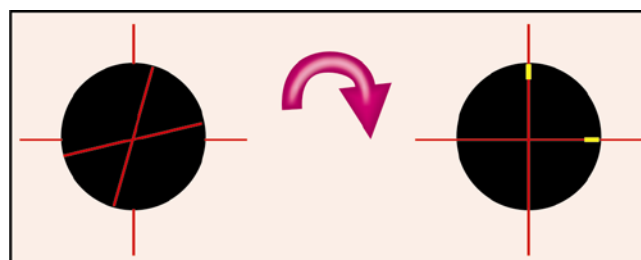
### PROCEDIMENTO

O movimento é neutralizado usando uma lente de prova. A lente de prova é determinada pela direcção do movimento do alvo com respeito ao movimento da lente desconhecida. Isto é, um movimento "com" é neutralizado segurando uma lente de prova positiva em contacto com a lente desconhecida e um movimento "contra" é neutralizado segurando uma lente de prova negativa em contacto com a lente desconhecida. A potência da lente de prova é incrementada até que não se observa movimento nos braços da cruz

Se a lente desconhecida é esférica, o movimento será na mesma direcção em ambos meridianos principais e terão da mesma velocidade.

### NEUTRALIZAÇÃO MANUAL DE LENTES TÓRICAS

Se a lente é cilíndrica ou esfero-cilíndrica, cada meridiano principal terá que ser neutralizado separadamente. Para encontrar os meridianos principais segure a lente contra a cruz-alvo. Gire a lente sobre o eixo óptico (Figura 2.2). Em algumas posições, os braços da cruz vistos através da lente não irão ser contínuos com os que estão fora da lente e não estarão perpendiculares entre si. Rode a lente de forma que as linhas vistas através da lente sejam contínuas com as que estão fora da lente. Isto irá constituir os meridianos principais; estas podem ser marcadas e neutralizadas individualmente.



**Figura 2.2:** Determinação do meridiano principal das lentes tóricas através da rotação contra cruz-alvo

## FOCÓMETRO

### FOCÓMETRO

O focómetro também pode ser chamado de frontofocómetro (Figura 2.3). A função do focómetro é medir a potência ao vértice anterior e posterior da lente ou do sistema de lentes. O centro óptico da lente é localizado de forma a posicionar a lente correctamente, em relação aos eixos visuais e ao centro de rotação. Quando o centro óptico é posicionado correctamente no focómetro, a potência esférica, potência cilíndrica, orientação e potência prismática podem ser medidas. Para lentes oftálmicas mede-se a potência ao vértice posterior da lente quando o vértice posterior da lente está encostado ao suporte de lente. Da mesma forma, a potência ao vértice anterior da lente é medida quando o vértice anterior da lente está encostado ao suporte da lente. O focómetro consiste num sistema de focagem e num sistema de visualização telescópico.

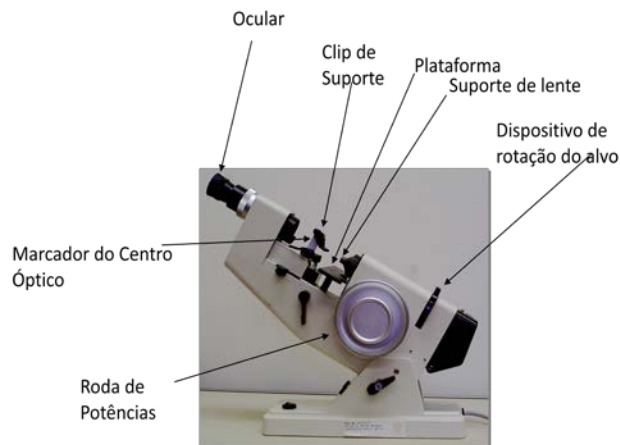


Figura 2.3: Focómetro

### COMPONENTES DO SISTEMA DE FOCAGEM

#### Fonte de luz e alvo móvel

Quando nenhuma lente está posicionada no focómetro e o focómetro é definido para uma potência zero, o alvo está posicionado no primeiro foco principal da lente standard.

#### Lente Standard (colimação)

A lente padrão é uma lente positiva, geralmente de uma potência superior à maior potência que o focómetro pode medir (+ 22.00DS + 27.00DS).

#### Suporte de lentes com abertura central

O suporte de lente está posicionado no segundo foco principal da lente standard.

### SISTEMA DE VISUALIZAÇÃO TELESCÓPICO

O sistema de visualização telescópico é constituído por uma objectiva e uma ocular. Posicionado entre estas lentes (no segundo foco principal da lente da objectiva e o foco principal da ocular) existe um retículo que é graduado de 0 a 180 graus em incrementos de 1 grau. Deve-se focar a ocular de tal modo que o retículo esteja em foco para um observador com olho não acomodado.

Quando ajustado para produzir luz emergente paralela, o sistema de focagem cria um objecto do alvo em infinito que é visível através do sistema telescópico. A posição do retículo, o qual é uma placa de vidro plana com linhas gravadas na mesma, no foco das lentes do telescópio, faz com que o retículo pareça estar no mesmo plano que o alvo. Isto permite que a posição do alvo seja medida em relação ao retículo para efeitos prismáticos. Isto faz com que o retículo, seja efectivamente uma escala tangente, com capacidade para medir prismas bem como eixos.



## FOCÓMETRO – PRINCÍPIOS E CONSTRUÇÃO

### ÓPTICA DO FOCÓMETRO

#### Para uma lente neutra ou ausência de lente no teste

O alvo está posicionado no primeiro foco principal ( $f_o$ ) da lente standard (colimação) e o suporte da lente está posicionado no segundo foco principal ( $f'_o$ ). Isso garante que o movimento do alvo ao longo do sistema principal do eixo seja proporcional à lente a ser testada (Figura. 2.4).

#### Para uma lente negativa em teste

O alvo será afastado da lente standard, diminuindo a divergência de luz incidente na lente standard. A luz convergente resultante que sai da lente standard será colimada pela lente que está a ser testada.

#### Para uma lente positiva em teste

O alvo será deslocado em direcção à lente standard, aumentando a divergência de luz que incide na lente standard. A luz divergente resultante que sai será colimada pela lente que está a ser testada.

##### 1. Posição Zero

- Alvo no primeiro foco principal

##### 2. Com lentes de potência negativa

- Lente desconhecida no segundo foco principal
- Distância entre a lente padrão e o alvo é aumentada

##### 3. Com lente de potência positiva

- Lente desconhecida no segundo foco principal
- Distância entre a lente padrão e o alvo é reduzida



Figura 2.4: Óptica do focómetro

### RELAÇÃO DE NEWTON

A determinação da potência de lente com base na posição do alvo da lente padrão baseia-se na relação de Newton.

A relação de Newton indica que:

$$-x \cdot x' = f_o'^2$$

Onde  $x$  é a distância do alvo do foco principal da lente padrão ( $f_o$ ),  $x'$  é a distância da imagem do segundo foco principal da lente padrão ( $f'_o$ ), a qual é coplanar com o vértice posterior da lente a ser testada, e  $f'_o$  é a distância focal da lente standard.

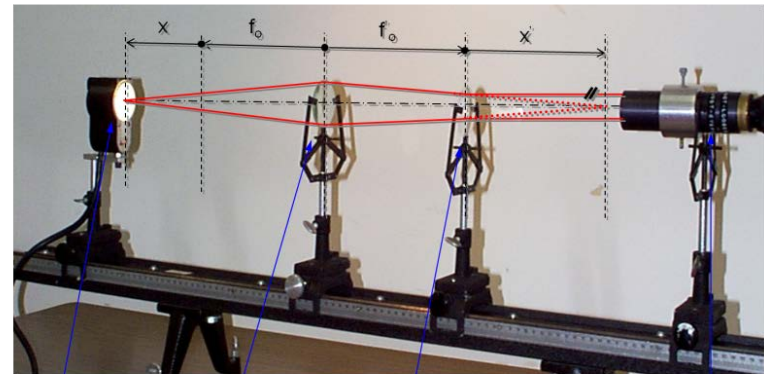
Uma vez que, no caso do focómetro,  $x'$  representa  $-f'_v$ , onde  $f'_v$  é o segundo ponto focal principal da lentes a ser testada, então:

$$\begin{aligned} \therefore x \cdot f'_v &= f_o'^2 \\ \therefore x &= f_o'^2 / f'_v \\ \therefore x &= F'_v / F_o'^2 \\ \therefore F'_v &= x F_o'^2 \end{aligned}$$

## FOCÓMETRO – PRINCÍPIOS E CONSTRUÇÃO (cont.)

### RELAÇÃO DE NEWTON (CONT.)

Por conseguinte, a distância percorrida pelo alvo do foco principal da lente standard está directamente relacionada com a potência vértice posterior da lente que está a ser medida (Figura 2.5).



Fonte de luz e Alvo móvel Lente padrão Suporte de lente para a lente desconhecida (na figura com uma lente negativa) Telescópio

**Figura 2.5:** Construção de um focómetro

### DESLOCAMENTO DO ALVO POR DIOPTRIA

#### Exemplo

Se for seleccionada uma lente standard de + 25.00 DS, qual a distância que o alvo tem que percorrer quando se pretende medir uma lente de potência -20.00 D?

O movimento do alvo a partir do foco da lente standard (a distância x) por dioptria é:

$$x = 1000 / F_o^2$$

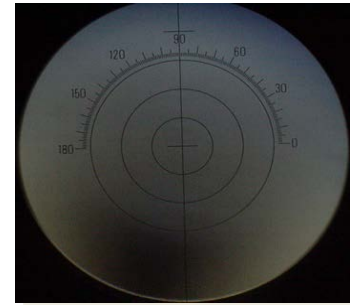
Por exemplo, se a lente standard for: +25 D, então:

$$x = 1000 / (25)^2 = 1000 / 625 = 1.6 \text{ mm}$$

Se for pretendido medir  $\pm 20.00\text{D}$  com o focómetro, então isto representa um total de 40 passos dióptricos.

Portanto, o deslocamento total do alvo necessário para medir o intervalo entre  $\pm 20,00 \text{ D}$  é dado pela multiplicação do número de passos dióptricos pelo número de milímetros por dioptria que o alvo se deve mover. Assim,

$$\therefore \text{deslocamento total do alvo} = 40 \times 1.6 = 64 \text{ mm}$$

**FOCÓMETRO – PRINCIPIO E CONSTRUÇÃO (cont.)****PREPARAÇÃO DO FOCÓMETRO****Focagem da Ocular****Figura 2.6(a):** Focagem da ocular**Figura 2.6(b):** Focagem do retículo**Figura 2.6(c):** Focagem da Mira

A ocular deverá ser focada em cada utilização à medida que o aparelho é utilizado por diferentes indivíduos. Gire a ocular até que esteja totalmente alongada a partir instrumento (geralmente por rotação da ocular, tanto quanto possível no sentido anti-horário). O retículo visível através da ocular aparecerá agora desfocado. A ocular, em seguida, deve ser rodada no sentido horário até que a mira e o retículo estejam focados. A rotação contínua da ocular forçará o observador a acomodar com o fim de manter o retículo focado. Acomodar enquanto se visualiza o alvo pode causar variabilidade da medição de potência.

**Verificação da calibração**

Com a roda de potência na posição de zero, as cruzes e o alvo devem estar focados de forma nítida. Ambos os olhos devem estar abertos com o olho dominante usado com a ocular.

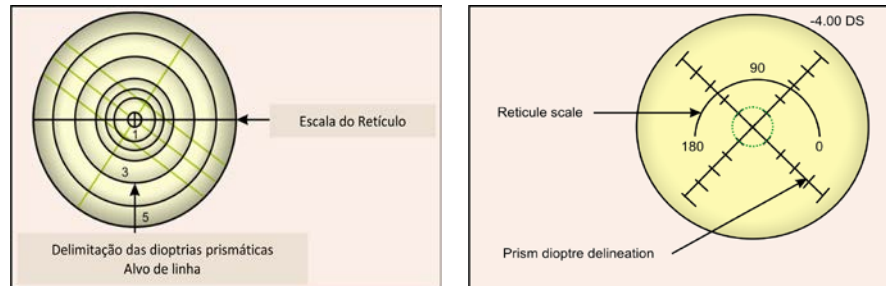




## UTILIZAÇÃO DO FOCÓMETRO– ALVO DE LINHAS

### UTILIZAÇÃO DO FOCÓMETRO– ALVO DE LINHAS

Colocar os óculos para medir a potência ao vértice posterior (PVP), a parte posterior da lente deve ser posicionada no suporte de lente e os óculos devem ser seguros com a ajuda da plataforma e do clip de suporte. O centro óptico da lente deve ser posicionado sobre o centro da abertura do suporte da lente (Figura 2.7).



**Figura 2.7:** Alvos em Linha (a) ou (b) ponto no focómetro

### DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA DA LENTE – LENTES ESFERO-CILÍNDRICAS

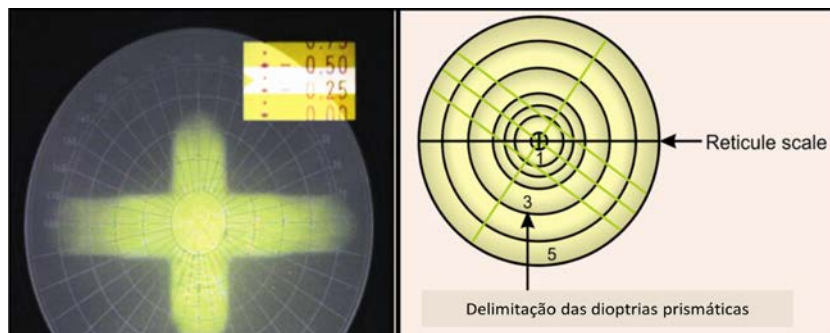
Rode a roda da potência até que as linhas se tornem nítidas. Observe a potência na roda da potência. Se a potência da lente for esférica, ambos os conjuntos de linhas serão nítidos independentemente da posição do eixo do tambor.

#### Marcação do centro óptico

Verifique se o centro da mira coincide com o centro do alvo. Quando isso acontece, a lente está posicionada correctamente e o centro óptico deve ser marcado.

#### Medição da potência da segunda lente

Sem mover a posição da plataforma, proceda à inserção dos óculos e a determinação da potência tal como para a primeira lente. Se a mira for deslocada para cima ou para baixo relativamente à parte horizontal do retículo, há uma correcção prismática vertical incorporada para os dois olhos (ver mais à frente).



**Figura 2.8:** Determinar a potência da lente em lentes esfero - cilíndricas

### DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA DA LENTE – LENTES ESFERO-CILÍNDRICAS

#### Passo 1 – Encontrar a potência esférica

Rodar a roda da potência até que um conjunto de linhas se torne nítido. Comece com a maior potência positiva (ou menor potência negativa). O tambor do eixo necessitará ser rodado para garantir que as linhas não são quebradas. Verifique a potência na roda da potência.

#### Passo 2 – Encontrar a potência cilíndrica

Rodar a roda da potência até que um conjunto de linhas se torne claras. A segunda potência de leitura menos a primeira leitura irá fornecer a potência cilíndrica (e o seu sinal correcto).

#### Passo 3 – Encontrar o eixo

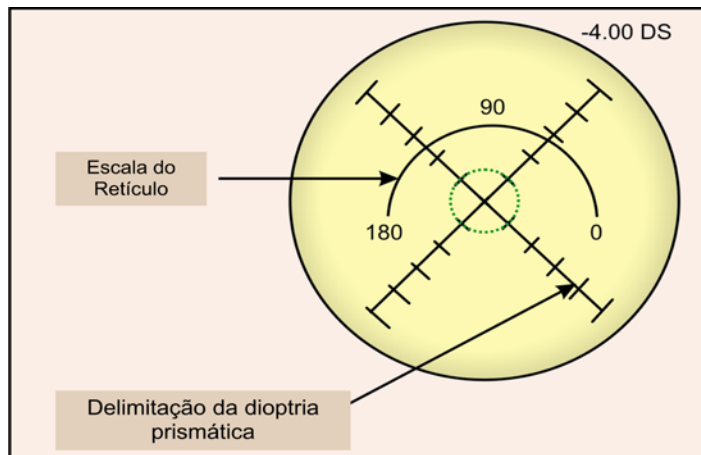
Tome nota da direcção das linhas no retículo na segunda leitura. Isto será o eixo.

**Nota.:** Os fabricantes de focómetros com alvos com linhas seleccionaram um conjunto de linhas para corresponder à potência esférica, para que o eixo possa ser lido directamente do tambor do eixo. A menos que o especialista saiba qual conjunto de linhas que o fabricante usou para a esfera, não se pode confiar no eixo dado para o tambor. No entanto o Passo 3 (acima), dará sempre respostas correctas (medição do eixo com ajuda do retículo).

## DETERMINAR A POTÊNCIA DAS LENTES – USANDO UM ALVO COM ANEL DE PONTOS

### LENTE ESFÉRICAS

Se todos os pontos do alvo estiverem focados numa posição da roda de potência, a lente será esférica.



**Figura 2.9:** Determinar a potência da lente esférica usando um alvo de anel de pontos

#### Marcação do centro óptico

Verifique se o centro do anel dos pontos coincide com o centro do alvo. Quando isso acontece, a lente está posicionada correctamente e o centro óptico deve ser marcado. Enquanto não houver nenhum ponto do centro, todo o conjunto de pontos pode ser 'colocado' dentro das linhas do retículo para localizar o centro.

#### Medição da potência da segunda lente

Sem mover a posição da plataforma, prossiga com a inserção da lente e a determinação da potência como para a primeira lente. Se a mira for deslocada para cima ou para baixo da parte horizontal da cruz, existe uma correcção prismática vertical incorporada para os dois olhos.

### LENTE ESFERO- CILÍNDRICAS: EXEMPLOS

#### Exemplo 1:

##### Passo 1 – Determinar a potência esférica

Rode a roda de potência até que um conjunto de linhas (pontos esticados) se torne nítido. Comece com a maior potência positiva (ou menor potência negativa). Verifique a potência na roda de potência.

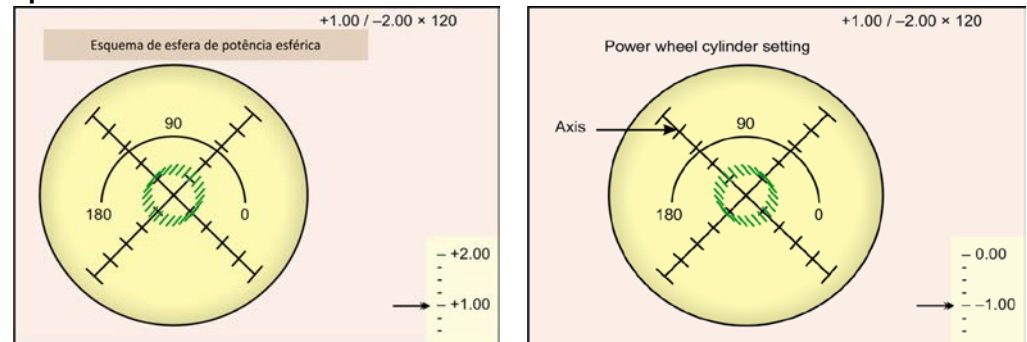
##### Passo 2 – Determinar a potência cilíndrica

Gire a roda de potência até que ao segundo conjunto de linhas (pontos esticados) se torne nítido. A segunda potência lida menos a primeira leitura indicará a potência do cilindro (e o seu sinal correcto).

##### Passo 3 – Determinar o eixo

Verifique a direcção das linhas (pontos esticados) na segunda leitura. Este é o eixo. A linha giratória no retículo é usada para se alinhar com os pontos esticados de forma a determinar o eixo.



**Exemplo 2:****Figura 2.10:** Alvos com anel de pontos**LENTEES ESFERO-CILÍNDRICAS: EXEMPLOS (CONT.)****Passo 1 – Determinar a potência esférica**

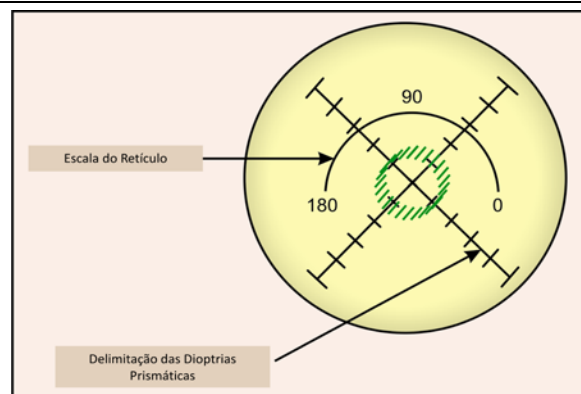
Gire a roda de potência até que um conjunto de linhas (pontos esticados) se torne nítido. Comece com a maior potência positiva (ou menor potência negativa). Verifique a potência na roda da potência. Neste caso a potência de leitura deve ser +1.00D.

**Passo 2 – Determinar a potência cilíndrica**

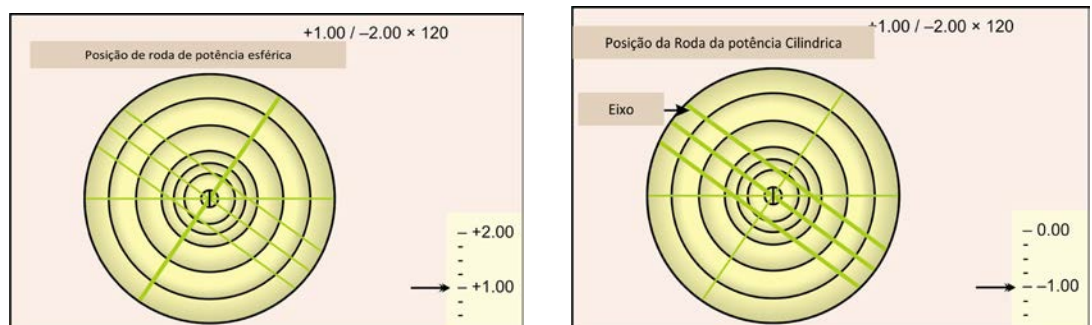
Gire a roda de potência até que o segundo conjunto de linhas se torne nítido. A segunda potência lida menos a primeira leitura dará a potência do do cilindro (e o seu sinal correcto). Neste caso, a segunda leitura é -1.00 D. Assim a potência cilíndrica é:  $-1.00 - (+1.00) = -2.00D$ .

**Passo 3 – Determinar o eixo**

Registe a direcção das linhas na segunda leitura. Este é o eixo. As linhas estão inclinadas a 120. Então, a potência de lente é +1.00/-2.00 X 120.

**LENTEES ESFERO-CILÍNDRICAS****Figura 2.11:** Determinação da Potência de uma lente esfero-cilíndrica**POTÊNCIA DE LENTES ESFERO-CILÍNDRICAS – USANDO UM ALVO DE LINHAS: EXEMPLO****Passo 1 – Determinar a potência esférica**

Gire a roda de potência até que um conjunto de linhas se torne nítido. Comece com a maior potência positiva (ou menor potência negativa). O tambor do eixo terá que ser rodado de forma a assegurar que as linhas não estão quebradas. Verifique a potência na roda da potência. Neste caso a potência lida é + 1.00 D.

**Figura 2.12:** Alvos de linha**Passo 2 – Determinar a potência cilíndrica**

Gire a roda de potência até que o segundo conjunto de linhas se torne nítido. A segunda potência lida menos a primeira leitura dará a potência cilíndrica (e o seu sinal correcto). Neste caso, a segunda leitura é -1.00 D. Assim, a potência cilíndrica é:  $(-1.00) - (+1.00) = -2.00 D$ .

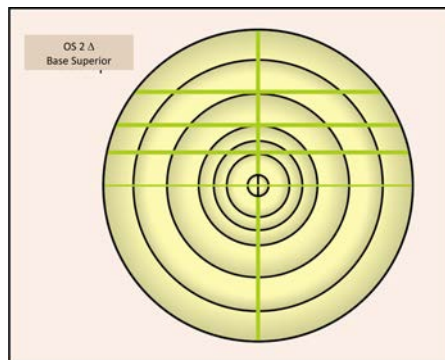
**Passo 3 – Determinar o eixo**

Registe a direcção das linhas na segunda leitura. Este é o eixo. As linhas estão inclinadas a 120. Deste modo, a potência da lente é +1.00/-2.00 X 120.

N.B.: neste caso os fabricantes de focómetros seleccionaram as linhas finas para corresponder à potência esférica, de modo a que o tambor de eixo indique 120. Se, no entanto, o especialista não souber disto e usar três linhas grossas para a primeira leitura, em seguida, a regra dos três passos daria o resultado correcto mas o tambor de eixo indicaria 90 graus fora do eixo.

**DETERMINAR O PRISMA COM O FOCÓMETRO****PRISMA VERTICAL**

O prisma vertical é observado quando existe um deslocamento vertical do alvo do focómetro. A direcção do deslocamento do alvo do focómetro indica a direcção da base do prisma vertical. Assim, se o alvo estiver colocado para cima do centro do retículo, está presente um prisma vertical na segunda lente, relativamente à medição da primeira lente. A magnitude do prisma é medida a partir do centro do alvo até ao centro da escala da ocular.



**Figura 2.13:** Determinação do prisma vertical

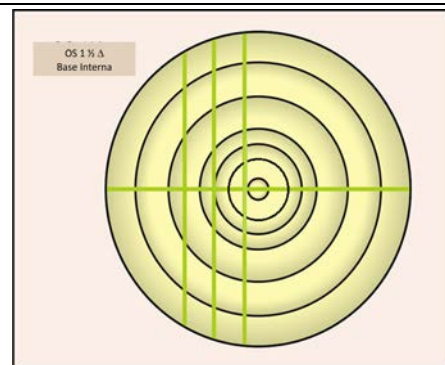
**PRISMA HORIZONTAL**

O prisma horizontal é mais difícil de determinar, particularmente se tiver sido obtido pelo deslocamento horizontal dos centros de ópticos.

Se for conhecida a distância interpupilar (DIP) do utilizador dos óculos, a distância deve ser marcada na segunda lente e esta marca deve ser colocada sobre a abertura do suporte de lente. Qualquer deslocamento horizontal do alvo quando a lente é posicionada desta forma, indica a presença de prisma horizontal (Figura 2.14).

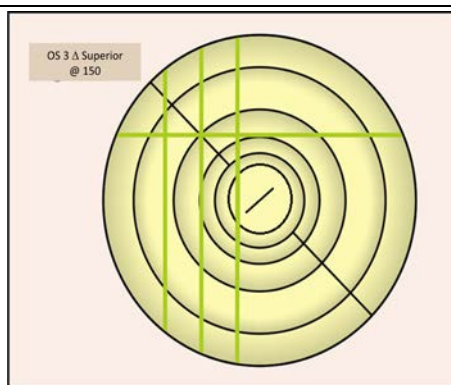
Como alternativa, a distância interpupilar do usuário deve ser comparada com a distância entre os centros ópticos das lentes. O prisma é determinado usando a regra de Prentice, onde  $P=cF$  (irá ser discutido num capítulo mais à frente).

Se não é conhecida a distância interpupilar do utente, o centro óptico da lente deve ser marcado na posição onde o alvo meta é coincidente com o centro do retículo. Posteriormente, a distância interpupilar do utente deve ser medida e comparada com a distância entre as lentes do centro óptico. Determina-se o prisma usando a regra de Prentice.



**Figura 2.14:** Determinação do prisma horizontal

### PRISMA OBLÍQUO



**Figura 2.15:** Determinação do prisma oblíquo

Se existir um prisma vertical e horizontal na medição da segunda lente, o alvo aparecerá deslocado obliquamente do centro do retículo do focómetros (Figura 2.15). Os componentes de prisma vertical e horizontal podem ser corrigidos separadamente, de tal modo que o alvo se centra no retículo ou pode ser neutralizado com prismas num ângulo oblíquo, deve anotar-se o eixo ao se alinhar o retículo com o centro do alvo.

## UTILIZAÇÃO DO FOCÓMETRO – FONTES DE ERRO

<b>OCULAR</b>	Uma falha na focagem da ocular resultará em leituras incorrectas da potência de vértice. Dependendo do grau na qual a ocular está incorrectamente focada para um observador, um erro na leitura da potência pode colocar as lentes dos óculos como estando fora das tolerâncias aceitáveis para os padrões de aplicação óptica.
<b>AJUSTE A ZERO E ALINHAMENTO DO EIXO</b>	Com a ocular em foco e a roda de potência a zero, o retículo e alvo devem estar claramente em foco. A nitidez do retículo e do alvo também devem ser verificadas para lentes adicionais de potências ao vértice posterior conhecidas. O alinhamento de eixos deve ser verificado da mesma forma com uma lente cilíndrica ou esfero-cilíndrica com orientação do eixo conhecida.
<b>CENTRAGEM DO RETÍCULO E DO ALVO</b>	Quando rodado, o retículo e o alvo devem permanecer centrados entre si. Se este não for o caso, verifique se o prisma variável do focómetro colocado está definido para zero. Se o alvo e o retículo ainda estiverem desalinhados, o focómetro precisa de manutenção!
<b>MEDIDAS CORRECTIVAS</b>	A calibração do focómetro deve ser verificada com frequência. Se o erro na PVP estiver sistematicamente incorrecto, é provável que a abertura esteja desalinhada e já não esteja posicionada no segundo foco principal da lente padrão. A leitura de potência deve ser corrigida pelo erro sistemático a curto prazo. A substituição e reposição da abertura apresenta-se como uma solução a longo prazo.



## FOCÓMETROS DE PROJEÇÃO E AUTOMÁTICOS

### FOCÓMETROS DE PROJEÇÃO



**Figura 2.16:** Focómetro de Projeção

O alvo é geralmente projetado num ecrã sendo que é vantajoso uma vez que não é requerido nenhum foco da ocular num sistema telescópico, assim elimina-se uma fonte de erros da leitura de focómetro. A maioria dos focómetros de projeção (Figura 2.16) são semi-automáticos, têm alvos em linha e o alinhamento de eixos é normalmente conseguido girando o alvo de tal forma que as linhas triplas ficam nítidas. Isto é, em seguida, registado como a componente esférica e, se for necessário efectuar uma nova focagem, a componente cilíndrica e o eixo são calculados pelo focómetro. Deste modo, retiram-se fontes de erros aritméticos para determinar a magnitude do cilindro.

### FOCÓMETROS AUTOMÁTICOS

Com focómetros automáticos, operador apenas tem que centrar a lente correctamente. O focómetro varre a lente para determinar a potência máxima e mínima e apresenta o resultado. Este tipo de focómetro remove a maioria das fontes de erros da leitura do focómetro.



## SUMÁRIO

A medição precisa da potência da lente e a localização do centro óptico são fundamentais para uma prescrição e execução bem-sucedida de lentes oftálmicas.

No próximo capítulo iremos estudar a aplicação da medição das lentes em contexto de controlo de qualidade holística.

## BIBLIOGRAFIA

Jalie M. 2003. *Ophthalmic Lenses and Dispensing*. Butterworth Heinemann, London.

Jalie M. 1984. *Principles of Ophthalmic Lenses*, ABDO, London.

Wakefield KG and Bennet AG. 2000. *Bennett's Ophthalmic Prescription Work*, Butterworth-Heinemann.

Brooks CW and Borish IM. 2006. *System of Ophthalmic Dispensing*. Butterworth Heinemann.

Brooks CW. 2005. *Essentials of Ophthalmic Lens Finishing*. Butterworth-Heinemann.

Wilson D. 2006. *Practical Optical Dispensing 2nd Edition*. Open Training and Education Network, Sydney.

Wilson D and Stenersen S. 2002. *Practical Optical Workshop*. Open Training and Education Network, Sydney.