



ESPESSURA DA LENTE

AUTOR

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

REVISOR

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

ESTE CAPITULO INCLUI UMA REVISÃO DE:

- Curvatura de Superfície
- Fórmula da Sagita
- Espessura ao Centro e ao Bordo
- Forma das Lentes
- Lentes Esfero-Cilíndricas
- Espessura das Lentes

INTRODUÇÃO

A espessura final de uma lente oftálmica pode ser calculada fornecendo o índice de refração do material da lente, as potências das curvas e os parâmetros da armação. Assim o optometrista pode prever como irá ser o aspecto acabado dos óculos. Pode também verificar quais os efeitos ao alterar qualquer um dos parâmetros.

CURVATURA DA SUPERFÍCIE

A curvatura da superfície esférica depende apenas do raio de curvatura e não do material de que é feita a superfície curva. Se a curvatura for elevada, então o raio de curvatura que cria a superfície é pequeno. As unidades de curvatura são em m^{-1} que podem ser expressas em Dioptrias, mas a unidade Dioptrica é normalmente reservada para a descrição de potência.

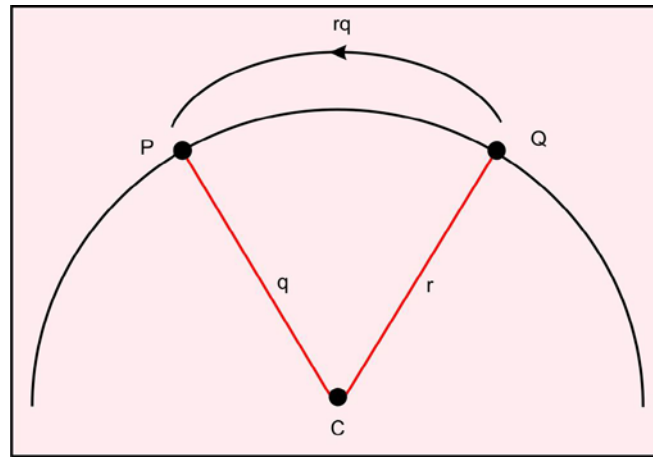


Figura 13.1: Raio de Curvatura

A espessura da lente é normalmente ignorada ao efetuar cálculos de lentes finas. No entanto, à medida que a potência da lente aumenta a espessura torna-se um factor e pode introduzir imprecisões sérias nos nossos cálculos. A potência ao vértice posterior é uma consideração importante onde a espessura da lente é importante uma vez que dá informação sobre a posição da imagem. A espessura da lente é também uma coisa a ter em conta ao se considerar a estética da lente.

Normalmente, os pacientes que requerem óculos não gostam que estes pareçam espessos e feios. Existem no entanto considerações práticas ao lidar com a espessura da lente. As lentes devem ser finas o suficiente para ter, pelo menos uma estética aceitável e serem leves o suficiente para serem confortáveis; no entanto devem ser suficientemente robustas para suportar as demandas da utilização diária.

Têm sido implementados vários standards em países diferentes em todo o mundo que especificam a espessura mínima que uma lente deve ser fabricada de forma a ser considerada segura.

FORMULA DA SAGITA

FÓRMULA EXACTA DA SAGITA

Uma lente oftálmica não é formada a partir de um hemisfério. O seu diâmetro limitante é na realidade determinado da corda de um círculo com um dado raio de curvatura do qual é cortado. Do círculo apresentado na Figura 13.2, a região abrangida por PAQO representa a porção do círculo que iria ser usada para uma lente oftálmica.

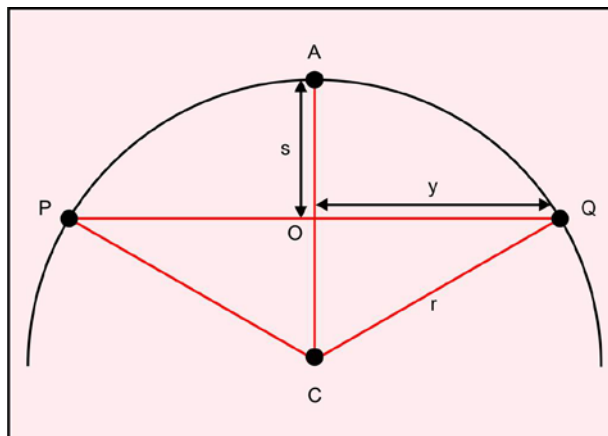


Figura 13.2: Diagrama a ilustrar a derivação da fórmula da sagita

A sagita da lente, i.e. a espessura da lente (AO) pode ser determinada subtraindo a distância (CO) do raio de curvatura, r. A distância Co pode ser determinada usando o teorema de Pitágoras.

A equação final para uma dada sagita dá-nos duas soluções: $s = r + \sqrt{r^2 - y^2}$ and $s = r - \sqrt{r^2 - y^2}$. A raiz negativa relaciona-se com o diâmetro do círculo menos a distância AO, assim, é necessário usar o sinal negativo em frente do sinal da raiz quadrada.

FÓRMULA APROXIMADA DA SAGITA

Se for fosse efectuada uma expansão binomial no termo $r - \sqrt{r^2 - y^2}$ da fórmula exacta da ságita e fosse substituído na fórmula exacta da sagita, os termos r cancelar-se-iam. A fórmula exacta da sagita então torna-se:

$$s = y^2/2r + y^4/8r^3 + y^6/16r^5 \quad \dots \text{e por ai fora}$$

Os termos $y^4/8r^3$ e termos mais elevados são muito pequenos comparados com $y^2/2r$ e podem ser considerados negligenciáveis. Assim é encontrada a expressão aproximada para a sagita. Esta expressão é apenas útil para dar uma aproximação da sagita e deve ser usada normalmente quando a lente tem um diâmetro pequeno com um rádio de curvatura longo.

A fórmula aproximada da sagita pode ser rearranjada de forma que a sagita é expressa em termos da potência da lente.

A sagita aproximada pode ser expressa como:

$$s = y^2 F / 2000(n'-1)$$

ESPESSURA AO BORDO E AO CENTRO

ESPESSURA AO BORDO E AO CENTRO

A magnitude da sagita irá depender da forma da lente à qual é aplicada. Por sua vez a magnitude da sagita irá afectar a magnitude do bordo e espessura ao centro da lente. A utilização de diagramas é muito importante para assegurar que os valores sagitais irão ser usados de forma apropriada para calcular a espessura do bordo e do centro.

A fórmula da espessura ao centro de uma lente bi-convexa é: $t_c = e + s_1 + s_2$

A fórmula da espessura ao centro de uma lente plano-convexa é: $t_c = e + s_1$ ($s_2 = 0$)

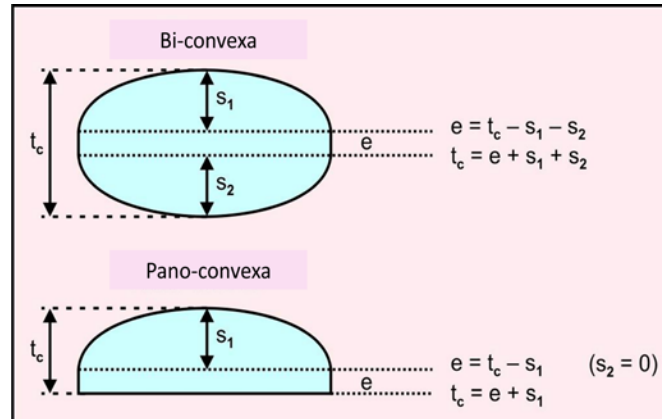


Figura 13.3: Derivação das fórmulas para lentes biconvexas e plano convexas

A fórmula da espessura do bordo de uma lente bi-convexa é: $e_c = t + s_1 + s_2$

A fórmula da espessura do bordo de uma lente plano-convexa é: $e_c = t + s_1$ ($s_2 = 0$)

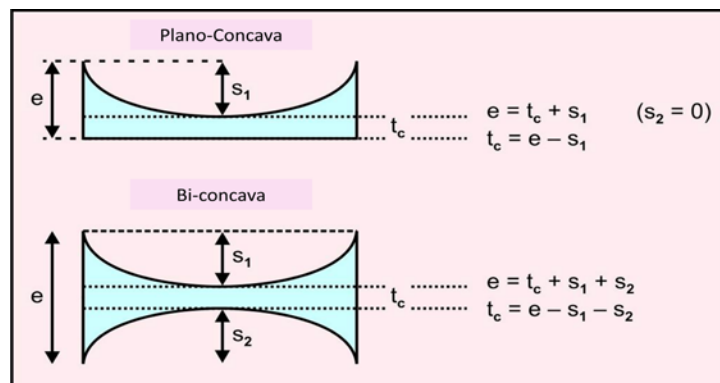


Figura 13.4: Derivação das fórmulas para lentes biconcavas e plano concavas

ESPESSURA - LENTES DE MENISCO

A fórmula para espessura ao bordo de uma lente menisco-convexo é: $t_c = s_1 + e - s_2$

A fórmula para espessura ao bordo de uma lente menisco-convexo é: $e_c = s_2 + t - s_1$

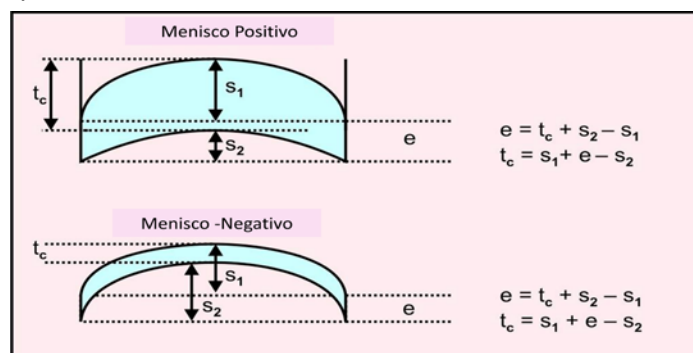


Figura 13.5: Derivação das fórmulas para a espessura ao bordo e ao centro para lentes de menisco positivas e negativas

ESPESSURA AO BORDO E AO CENTRO (cont.)

ESPESSURA – LENTE DE MENISCO (cont.)

Exemplo 1

Exemplo de cálculo: deve ser notado que o exemplo dá o diâmetro da lente como 40 mm. Esta medida representa $2y$ e assim é usado $y=20$ mm para o cálculo da sagita exacta. O material da lente é vidro crown, onde $n'=1.523$ e é rodeado por ar onde $n=1$.

$$r_1(\text{em mm}) = (n' - n) \times 1000 / F_1 = (1.523 - 1) \times 1000 / +10.00 = 52.3 \text{ mm}$$

$$\text{Sagita Exacta, } s = 52.3 - \sqrt{(52.3)^2 - (20)^2} = 3.98 \text{ mm}$$

$$\text{Espessura ao centro, } t_c = s + e = 3.98 + 1 = 4.98 \text{ mm}$$

Exemplo 2

Cálculo da espessura ao centro, e , de uma lente oftálmica de menisco em vidro crown. O índice de refração da lente $=1.523$; diâmetro da lente é 44 mm. As potências da superfície da lente são PVA $= +4.00\text{DS}$ e PVP $= -14.00\text{DS}$.

A espessura ao centro da lente é 0.6 mm.

$$r_1(\text{em mm}) = (1.523 - 1) / (+4.00) = 130.8 \text{ mm}$$

$$r_2(\text{em mm}) = (1 - 1.523) / (-14.00) = 37.36 \text{ mm}$$

$$\text{Sagita exacta, } s_1 = 130.8 - \sqrt{(130.8)^2 - (22)^2} = 1.86 \text{ mm}$$

$$\text{Sagita exacta, } s_2 = 37.36 - \sqrt{(37.36)^2 - (22)^2} = 7.17 \text{ mm}$$

Espessura ao centro,

$$e = t_c + s_2 - s_1 = 0.6 + 7.17 - 1.86 = 5.91 \text{ mm}$$

FORMA DA LENTE

Quando uma lente não é de formato redondo, a sagita deve ser calculada para ambos os lados da lente. A espessura ao centro permanece a mesma para todos os lados da lente e fornece a ligação entre cálculos. Estes cálculos são particularmente importantes para determinar o efeito do tamanho da armação do óculo e da forma na espessura do bordo da lente, uma vez que irá definir a estética da lente terminada.

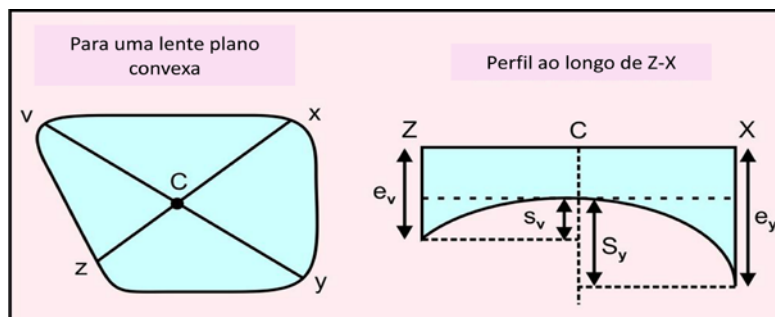


Figura 13.6: Derivação da fórmula para a espessura de lentes ópticas

A espessura da lente é uma função da potência da lente, da potência das superfícies, do índice de refração do material, do tipo da lente (tal como esférica), da espessura dada e do diâmetro da lente. Alterando qualquer um destes factores irá afectar a espessura final da lente dos óculos. A previsão da espessura da lente dos óculos terminados, particularmente de lentes de alta potência, é uma parte importante da óptica oftálmica.

A espessura pode ser calculada usando a seguinte **fórmula da espessura da lente**.

$$\text{TMC} = \text{DE} + (\text{Desc} \times 2)$$

$$r_1 = 1000(n-1)/F_1$$

$$r_2 = 1000(1-n)/F_2$$

$$s_1 = r_1 - \sqrt{r_1^2 - y^2}$$

$$s_2 = r_2 - \sqrt{r_2^2 - y^2}$$

$$e = s_2 - s_1 + t$$

$$t = s_1 - s_2 + e$$

Onde: TMC tamanho mínimo de corte

DE é o diâmetro efectivo

Desc é o descentramento necessário para a DP e prisma prescrito

r é o raio de curvatura

s é a sagita da superfície

F é a potência da superfície

y é metade do diâmetro necessário (metade de TMC)

Considere o seguinte exemplo:

Calcule a espessura do bordo de uma lente de -4.00 D com espessura ao centro de 1 mm, feita em plástico (n=1.560) com uma curva anterior de +4.00 D. O tamanho da lente é 56 [] 14 com um diâmetro efectivo de 58 mm e uma DP do paciente de 66 mm.

Primeiro, calcule o tamanho mínimo de corte:

$$\text{TMC} = \text{DE} + (\text{Desc} \times 2) = 58 + (2 \times 2) = 62 \text{ mm}$$

$$\text{Agora, } r_1 = 1000(n-1)/F_1 = 1000(1.560-1)/+4 = +140 \text{ mm}$$

$$r_2 = 1000(1-n)/F_2 = 1000(1-1.560)/-8 = +70 \text{ mm}$$

$$s_1 = r_1 - \sqrt{r_1^2 - y^2} = 140 - \sqrt{140^2 - 31^2} = 3.48 \text{ mm}$$

$$s_2 = r_2 - \sqrt{r_2^2 - y^2} = 70 - \sqrt{70^2 - 31^2} = 7.24 \text{ mm}$$

$$e = s_2 - s_1 + t = 7.24 - 3.48 + 1 = 4.76 \text{ mm}$$

Assim, a espessura ao bordo temporal para esta lente é de 4.76 mm.

LENTE ESFERO-CILINDRICAS

LENTE ESFERO-CILINDRICAS	<p>Considere o seguinte exemplo:</p> <p>Calcule a espessura do bordo de uma lente de -4.00 / -1.00 × 90 com 1 mm de espessura ao centro, feita de plástico (n=1.560) com uma curva anterior de +4.00D. A armação é de 56 [] 14 com um diâmetro efectivo de 58 mm e uma DP do paciente de 66 mm.</p> <p>Primeiro, determine as potências principais e use a potência no meridiano horizontal para o cálculo.</p> <p>Em seguida, calcule o tamanho mínimo de corte TMC= DE + (Desc × 2) = 58 + (2 × 2) = 62 mm</p> <p>Now, $r_1 = 1000(n-1)/F_1 = 1000(1.560 - 1)/+4 = +140 \text{ mm}$</p> <p>$r_2 = 1000(1-n)/F_2 = 1000(1- 1.560)/-9 = +62.22 \text{ mm}$</p> <p>$s_1 = r_1 - \sqrt{(r_1^2 - y^2)} = 140 - \sqrt{(140^2 - 31^2)} = 3.48 \text{ mm}$</p> <p>$s_2 = r_2 - \sqrt{(r_2^2 - y^2)} = 62.22 - \sqrt{(62.22^2 - 31^2)} = 8.27 \text{ mm}$</p> <p>$e = s_2 - s_1 + t = 8.27 - 3.48 + 1 = 5.79 \text{ mm}$</p> <p>Assim, a espessura ao bordo temporal para esta lente irá ser de 5.79 mm.</p>
LENTE ESFERO-CILINDRICAS COM EIXOS OBLÍQUOS	<p>O cálculo da espessura de lentes esfero-cilindricas com um eixo oblíquo não é tão simples como o de uma lente com eixo a 90° ou 180°. Para ter uma estimativa da espessura final pode calcular a potência no meridiano necessário (normalmente o meridiano horizontal) com a fórmula:</p> $F_{180} = F_{cil} \sin^2\theta + F_{esf}$ <p>Isto não irá dar uma medida precisa, no entanto, uma vez que a curvatura na superfície toroidal ao longo do meridiano horizontal irá ser elíptica e não circular.</p> <p>A estimativa dada por este método, no entanto, irá ser uma boa aproximação e mais adequado para efeitos práticos.</p> <p>Considere o seguinte exemplo:</p> <p>Calcule a espessura do bordo de uma lente de -4.00 / -1.00 × 60 com 1 mm de espessura ao centro, feita de plástico (n=1.560) com uma curva anterior de +4.00D. A armação é de 56 [] 14 com um diâmetro efectivo de 58 mm e uma DP do paciente de 66 mm.</p> <p>Primeiro, determine a potência horizontal e use-a para o cálculo.</p> $F_{180} = F_{cil} \sin^2\theta + F_{esf} = -1.00 \sin^2 60 + (- 4.00) = -4.75$ <p>Em seguida, calcule o tamanho mínimo de corte TMC= DE + (Desc × 2) = 58 + (2 × 2) = 62 mm</p> <p>Agora, $r_1 = 1000(n-1)/F_1 = 1000(1.560 - 1)/+4 = +140 \text{ mm}$</p> <p>$r_2 = 1000(1-n)/F_2 = 1000(1-1.560)/-8.75 = +64 \text{ mm}$</p> <p>$s_1 = r_1 - \sqrt{(r_1^2 - y^2)} = 140 - \sqrt{(140^2 - 31^2)} = 0.48 \text{ mm}$</p> <p>$s_2 = r_2 - \sqrt{(r_2^2 - y^2)} = 64 - \sqrt{(64^2 - 31^2)} = 8.00 \text{ mm}$</p> <p>$e = s_2 - s_1 + t = 8.00 - 3.48 + 1 = 5.52 \text{ mm}$</p> <p>Assim, a espessura ao bordo temporal para esta lente irá ser de 5.52 mm.</p>

ESPESSURA DE LENTES

ESPESSURA REDUZIDA

Tamanhos de Armação Pequenos

Seleccionando um tamanho de armação pequeno irá reduzir a espessura da lente acabada. Uma armação onde o diâmetro efectivo é o mesmo ou ligeiramente maior que a ocular irá ser útil para evitar lentes espessas. Isto é deve evitar armações tipo aviador ou “olho de gato” exageradas. Afortunadamente a maioria das armações modernas (armações pequenas e redondas) são ideias para minimizar a espessura da lente.

Material de Alto Índice

A utilização de materiais de alto índice de refração irá resultar em curvas mais planas, e desta forma em lentes mais finas. Quando lentes de plástico de alto índice são usadas as lentes acabadas são também mais leves.

Lentes Asféricas

Para lentes positivas, a curvatura tangencial de uma superfície convexa reduz-se, enquanto para lentes negativas a curvatura tangencial de uma superfície convexa aumenta na direcção da periferia da lente. Quando a curvatura tangencial é considerada em conjugação com a espessura reduzida obtida usando uma lente asférica (forma de lente mais plana), a lente irá ser mais fina.

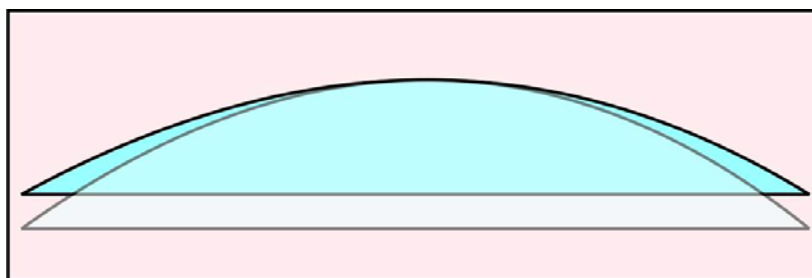


Figura 13.7: Lentes Asféricas

DISFARCE DA ESPESSURA

A espessura da lente de uma lente acabada pode ser disfarçada. Isto pode ser alcançado por:

Utilizando uma armação com aro.

Uma armação em plástico com um aro relativamente espesso irá esconder a espessura do bordo e a espessura do bordo superior e inferior de uma lente positiva.

Seleccionando um bisel apropriado

A maioria das máquinas de bisel permitem uma selecção de formas de bisel especial, incluindo o bisel-escondido. Este bisel deixa a parte posterior do bordo da lente plano (paralelo ao eixo principal), em vez de angulado. Isto é, apenas a parte da lente que requer o bisel para encaixar na ranhura da armação irá ser biselada.

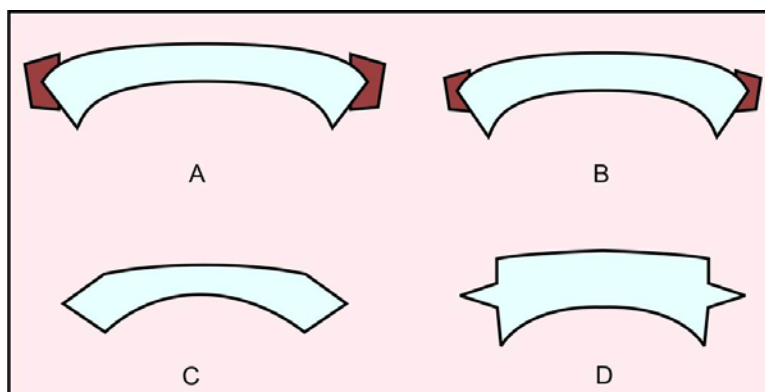


Figura 13.8. Tipos de Bisel

Tratamento antirreflexo multicapas

Ao esconder as superfícies das lentes, os tratamentos antirreflexo multicapas podem efectivamente disfarçar a potência da lente.

ESPESSURA DE LENTES (cont.)

EXEMPLOS DE CÁLCULO DE ESPESSURA	<p>Exemplo 1</p> <p>Calcule a espessura do bordo de uma lente de -5.00/ -1.00 × 90 com 2 mm de espessura ao bordo, feita de plástico (n=1.480) com uma curva anterior de +9.00D. A armação é de 56 [] 14 com um diâmetro efectivo de 58 mm e uma DP do paciente de 66 mm.</p> <p>A armação é de 56 [] 12 com um diâmetro efectivo de 58 mm e uma DP do paciente de 62 mm. Primeiro, determinar as potências principais e usar a potência no meridiano horizontal para o cálculo. Neste caso a potência horizontal é +4.00D.</p> <p>Assim, calcule o tamanho mínimo de corte.</p>
EXEMPLOS DE CÁLCULO DE ESPESSURA	<p>Desc Monoc = $(68/2) - (62/2) = 34 - 31 = 3$ mm nasalmente</p> <p>TMC = DE + (Desc × 2) = 58 + (3 × 2) = 64 mm</p> <p>Agora,</p> $r_1 = 1000(n - 1) / F_1 = 1000(1.498 - 1) / +9 = +55.33 \text{ mm}$ $r_2 = 1000(1 - n) / F_2 = 1000(1 - 1.498) / -5 = +99.6 \text{ mm}$ $s_1 = r_1 - \sqrt{(r_1^2 - y^2)} = 55.33 - \sqrt{(55.33^2 - 32^2)} = 10.19 \text{ mm}$ $s_2 = r_2 - \sqrt{(r_2^2 - y^2)} = 99.6 - \sqrt{(99.6^2 - 32^2)} = 5.2 \text{ mm}$ $t = s_1 - s_2 + e = 10.19 - 5.2 + 2 = 6.99 \text{ mm}$ <p>Assim, a espessura ao centro para esta lente irá ser de 6.99 mm</p> <p>Exemplo 2</p> <p>Calcule a espessura ao centro das seguintes lentes:</p> <p>OS +6.00/ -2.00 × 180 OS +5.50/ -2.00 × 180</p> <p>A espessura ao bordo é 2 mm, feita em plástico (n = 1.640) com uma + 8.00 D curva anterior.</p> <p>O tamanho da armação é 54[]14 com uma diâmetro efectivo de 56 mm e uma DP do paciente do OD é 33 mm e OS 32mm.</p> <p>Primeiro, determine as potências principais e use a potência do meridiano horizontal para o cálculo. Neste caso as potências horizontais são OD +6.00 D, OS +5.50.</p> <p>Em seguida, calcule o tamanho mínimo de corte para o olho direito:</p> <p>OD TMC = DE + (Desc × 2) = 56 + (1 × 2) = 58 mm</p> <p>Agora,</p> $r_1 = 1000(n - 1) / F_1 = 1000(1.640 - 1) / +8 = +80 \text{ mm}$ $r_2 = 1000(1 - n) / F_2 = 1000(1 - 1.640) / -2 = +320 \text{ mm}$ $s_1 = r_1 - \sqrt{(r_1^2 - y^2)} = 80 - \sqrt{(80^2 - 28^2)} = 5.06 \text{ mm}$ $s_2 = r_2 - \sqrt{(r_2^2 - y^2)} = 320 - \sqrt{(320^2 - 28^2)} = 1.23 \text{ mm}$ $t = s_1 - s_2 + e = 5.06 - 1.23 + 2 = 5.83 \text{ mm}$ <p>Assim, a espessura ao centro para o OD irá ser de 5.83 mm.</p> <p>Em seguida, calcule o tamanho mínimo de corte para o olho esquerdo:</p> <p>OS TMC = DE + (Desc × 2) = 56 + (2 × 2) = 60 mm</p> <p>Agora,</p> $r_1 = 1000(n - 1) / F_1 = 1000(1.640 - 1) / +8 = +80 \text{ mm}$ $r_2 = 1000(1 - n) / F_2 = 1000(1 - 1.640) / -2.5 = +256 \text{ mm}$ $s_1 = r_1 - \sqrt{(r_1^2 - y^2)} = 80 - \sqrt{(80^2 - 30^2)} = 5.84 \text{ mm}$ $s_2 = r_2 - \sqrt{(r_2^2 - y^2)} = 256 - \sqrt{(256^2 - 30^2)} = 1.76 \text{ mm}$ $t = s_1 - s_2 + e = 5.84 - 1.76 + 2 = 6.09 \text{ mm}$ <p>Assim, a espessura ao centro para o OS irá ser de 6.09 mm.</p>

SUMÁRIO

Perceber os parâmetros que afectam a espessura da lente acabada é importante para os optometristas ou para aqueles que efectuam os óculos. As fórmulas usadas para o cálculo da espessura apontam para situações nas quais a espessura pode ser reduzida.

As fórmulas neste capítulo assumem lentes esféricas (ou toroidais) e não devem ser usadas para calcular a espessura de lente asféricas. As formulas para o cálculo da espessura de lente asféricas requerem a cordenada asférica, p , a qual não é normalmente disponibilizada pelos fabricantes.

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.