

UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS MÉDICAS

Lentes Progressivas
Estudo Comparativo de Lentes Progressivas com
Tecnologia Free-Form

Mestrado em Optometria em Ciências da Visão

Diana Maria Morais de Almeida

Covilhã

2010

Dissertação apresentada ao Departamento de Ciências Médicas
da Faculdade de Ciências da saúde
da Universidade da Beira Interior,
para obtenção do grau de
Mestre em Optometria em Ciências da Visão

Orientador: Professor Doutor João Paulo Castro de Sousa

Agradecimentos

Após a conclusão deste trabalho, gostaria de agradecer a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Doutor João Paulo Castro de Sousa pela sua orientação, estímulo e incentivo à realização deste estudo.

Ao Pedro Ramos pela disponibilidade, pelos conhecimentos partilhados e pela sua amizade e ajuda.

Ao António pela paciência e estímulo.

Ao Fernando e à Telma pela ajuda e disponibilidade.

E a todos aqueles que directa ou indirectamente me ajudaram a tornar possível este trabalho.

CONTEÚDO

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	1
1.1 PRESBIOPIA.....	1
1.2 INTRODUÇÃO HISTÓRICA DAS LENTES PROGRESSIVAS.....	8
1.2.1 CONCEITO.....	8
1.2.2 NASCIMENTO	11
1.2.3 EVOLUÇÃO	12
1.3 GEOMETRIA	20
1.4 FABRICAÇÃO FREE-FORM	30
1.5 PRISMAS OPTÁLMICOS E EFEITOS PRISMÁTICOS	35
1.6 ABERRAÇÕES.....	41
1.7 PROBLEMAS DE ADAPTAÇÃO	47
1.8 VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS LENTES PROGRESSIVAS	54
2. MATERIAL	57
3. MÉTODOS:	58
4. RESULTADOS	60
5. CONCLUSÃO.....	66
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES DE TRABALHO FUTURO...67	
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
8. ANEXOS	71
8.1 TRATAMENTO DE ERROS.....	71
8.2 QUESTIONÁRIO	84

Lista de figuras

Figura 1.1 Incapacidade de formação de imagens nítidas na retina devido à falta de elasticidade do cristalino (presbiopia). Adaptado de [3]	1
Figura 1.2 Diminuição da acomodação em função da idade. Adaptado de [2]	2
Figura 1.3 Zonas de visão da superfície das lentes progressivas. Adaptado de [7]	9
Figura 1.4 Campos visuais obtidos com uma lente progressiva com adição 2.00D. [8]	10
Figura 1.5 Pontos de referência numa lente progressiva exemplificados numa lente varilux physio 2.0 de última geração. [8]	11
Figura 1.6 Concepção da superfície da varilux 1. [8]	13
Figura 1.7 Princípio das lentes progressivas multi-design comparado com o mono-design. [13]	16
Figura 1.8 Descentramento variável com a adição da zona de visão de perto(varilux comfort). [8]	18
Figura 1.9 Régua de marcação para lentes personalizadas da Essilor (Varilux Physio f-360). [8].....	23
Figura 1.10 Sistema de registo visual. [8]	24
Figura 1.11 A figura a) mostra curvas de isoastigmatismo e a figura b) curvas de isoesfera. [13]	26

Figura 1.12 Diagrama da aberração astigmática efectiva com uma lente da Zeiss (GradalTop). [7]	27
Figura 1.13 Diagrama da aberração astigmática efectiva com a Gradal RD. [7]	28
Figura 1.14 Desbaste da lente através do disco de desbaste. [7].....	32
Figura 1.15 Aumento da curvatura na lente progressiva. [17]	35
Figura 1.16 Remoção da espessura equivalente a prisma de base superior. [17]	37
Figura 1.17 Utilização da técnica slab-off. [7]	39
Figura 1.18 Polinómios de Zernique. [22]	45
Figura 1.19 Progressão da adição sobre a pupila induzindo a aberração coma. [16]	46
Figura 2.1 Equipamento de gabinete: tonómetro de sopro; coluna de refracção com foróptero, lâmpada de fenda e projector; autorefractómetro	57
Figura 2.2 Frontofocómetro	57
Figura 4.1 Tempo de adaptação em dias relacionado com a altura de montagem, em milímetros, de cada lente.....	60
Figura 4.2 Relação entre o grau de satisfação geral que cada usuário tem sobre cada lente, e o tipo de utilização, ou seja se o usuário é dinâmico ou não	61

Figura 4.3 Grau de satisfação geral em relação a cada marca de lente utilizada.....	62
Figura 4.4 Tempo de adaptação do usuário à lente, comparando com o tipo de utilização.....	63
Figura 4.5 Tempo de adaptação relacionado com a marca da lente.	64
Figura 4.6 Grau de satisfação geral para cada lente, relacionando com a altura de montagem das lentes para cada usuário.....	65

Lista de tabelas

Tabela 1.1 Relação entre a AA e a idade. [4]	5
Tabela 1.2 Comparação da potência prismática. [7]	40
Tabela 1.3 Tempo de adaptação em dias relacionado com a altura de montagem, em milímetros, de cada lente.....	72
Tabela 1.4 Grau de satisfação geral para cada lente, relacionando com a altura de montagem das lentes para cada usuário.....	74
Tabela 1.5 Tempo de adaptação relacionado com a marca da lente....	76
Tabela 1.6 Grau de satisfação geral em relação a cada marca de lente utilizada.....	78
Tabela 1.7 Relação entre o grau de satisfação geral que cada usuário tem sobre cada lente, e o tipo de utilização, ou seja se o usuário é dinâmico ou não.....	80
Tabela 1.8 Tempo de adaptação do usuário à lente, comparando com o tipo de utilização.....	82

Resumo

Este trabalho tem o intuito de providenciar informação sobre lentes progressivas free-form de diferentes fabricantes, facilitando aos optometristas um aconselhamento sobre as mesmas.

Com o aumento da esperança média de vida, no século XXI, o número de presbitas é cada vez maior e a boa compensação da presbiopia atinge uma importância fundamental. A compensação mais utilizada é as lentes progressivas sendo então necessário que os optometristas tomem a posição de compreender as diferentes opções que o presbita possa ter, estudando essas várias possibilidades e comparando-as.

Foi realizado um estudo populacional para comparar e avaliar o desempenho clínico de lentes progressivas de várias marcas (Essilor, Prats, Indo) com tecnologia free-form em presbitas ametropes. Foram avaliados diferentes parâmetros como altura de montagem, grau de satisfação, tempo de adaptação, tipo de utilização. Estes parâmetros foram comparados com as diferentes marcas.

Os resultados deste estudo evidenciam diferenças entre as marcas, que podem ser usadas para seleccionar um tipo de lente, que se melhor se adapte às exigências do paciente.

Abstract

This paper aims to provide information on free-form progressive lenses from different manufacturers, making it easier for Optometrists to advice on them.

With increasing life expectancy in the XXI century, the number of presbyopes is growing and the good compensation of presbyopia has a greater fundamental importance. The most frequent compensation used are the progressive lenses, it is then necessary for the optometrists to take the position to understand the different options that the presbyopic patients may have, studying these various possibilities and comparing them.

It was conducted a population-based study to compare and evaluate the clinical performance of progressive lenses of various brands (Essilor, Prats, Indo) of free-form technology in presbyopes. It was evaluated different parameters such as fitting height, degree of satisfaction, adaptation time and type of use. These parameters were compared with the different brands.

The results of this study revealed differences between brands, that can be used to select a type of lens that has a preferred feature that is most important for the patient.

Abreviaturas

F	Frequência
C	Velocidade da luz no vácuo
λ	Comprimento de onda
PPC	Ponto próximo de convergência
AA	Amplitude de acomodação
DPT/D	Dioptria
DNP	Distancia naso-pupilar
AV	Acuidade visual
CNC	Computador numericamente controlado

1. Revisão bibliográfica

1.1 Presbiopia

A presbiopia afecta quase 100% da população acima dos 45 anos e a sua incidência tende ao crescimento com o aumento da expectativa de vida da população [1]. O facto de perder visão ao perto com a idade tem um impacto psicológico no indivíduo pois denota o estigma de envelhecimento. À medida que a perda de acomodação é gradual, o ponto próximo vai-se afastando cada vez mais e “ os braços começam a ficar curtos” [2].

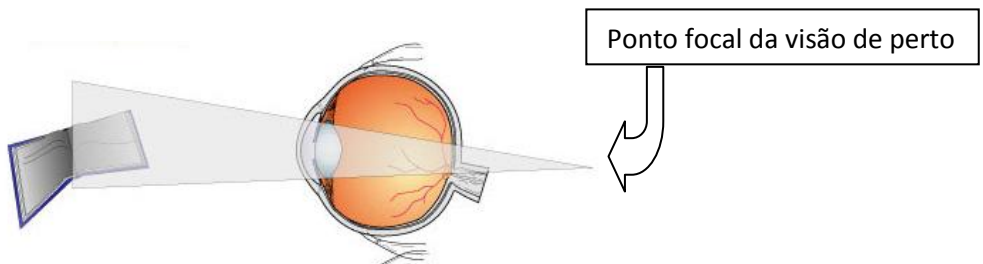


Figura 1.1 Incapacidade de formação de imagens nítidas na retina devido à falta de elasticidade do cristalino (presbiopia). Adaptado de [3].

A acomodação é um mecanismo que nos permite ver um objecto focado ao longe e rapidamente focar outro ao perto, ou vice-versa, no qual essa medição é a amplitude de acomodação. Enquanto isto acontece cada olho acomoda e converge simultaneamente para permitir a visão binocular e as pupilas contraem-se [2, 4].

Causas

No sistema acomodativo participam o cristalino, as fibras da zónula de Zinn e o músculo ciliar. O conteúdo em água do cristalino diminui com a idade enquanto o conteúdo de proteínas insolúveis (albumina) do cristalino, aumenta, ficando depositadas no mesmo. O cristalino fica mais duro e menos elástico e a sua capacidade de mudar de forma diminui, ou seja, dão-se alterações químicas e físicas que tendem a aumentar a resistência da massa interna do cristalino. A amplitude de acomodação vai-se perdendo com a idade e quando for menor que 3 dioptrias (dpt) apresenta-se a presbiopia como se verifica na seguinte figura [2].

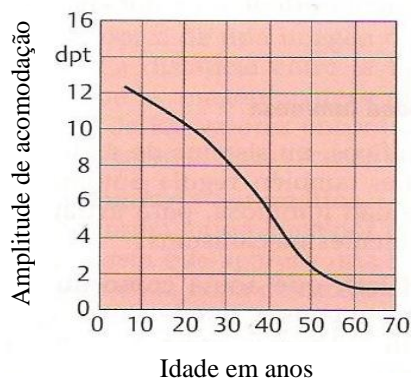


Figura 1.2 Diminuição da acomodação em função da idade. Adaptado de [2].

Em pessoas emétopes e hipermétropes a presbiopia manifesta-se por volta dos 40 anos, os míopes ainda conseguem uma visão ao perto razoável, porém nesta idade também têm uma diminuição da amplitude de acomodação.

Quando a presbiopia é prematura está afectada por certas condições geográficas, de temperatura média, genéticas e alimentares [4].

Sintomas

A sintomatologia caracteriza-se pelo começo da dificuldade em focar os objectos próximos, seguido de cansaço visual durante a leitura (devido ao uso excessivo da amplitude acomodativa que não deixa metade de reserva), ardor ocular, lacrimejo, dor de cabeça frontal ou occipital, diplopia (tendência ao aumento da exoforia e redução da amplitude de vergência fusional), sensação de sono durante a leitura mais ao final do dia, visão desfocada ao longe ocasionalmente depois do trabalho ao perto devido a resposta lenta do cristalino para desacomodar. Estes sintomas melhoram com o aumento da luminosidade, pois a pupila contrai logo aumenta a profundidade de foco [4].

Sinais

Mudanças nas relações acomodação convergência (aumento da convergência acomodativa em casos de presbiopia parcialmente não compensada, tentando produzir mais acomodação, o que pode produzir endoforia ao perto; diminuição do PPC); diminuição da amplitude de acomodação (AA) - começa a decrescer até cerca de 4D aos 40anos, o que torna insuficiente a visão nítida de objectos a 40cm.

Métodos de análise

Esta condição é compensada através de uma lente esférica positiva que requer primeiro o cálculo da potência em visão ao longe (se for amétrope). Esta lente positiva servirá para aproximar o ponto próximo a uma distância útil para tarefas de perto. Como normalmente a acomodação é igual para os dois olhos a adição para perto também é igual. Ter em atenção o estado binocular.

Os seguintes métodos são para determinar a adição:

- Método por tentativas -adicionar lentes esféricas positivas de potência crescente sobre a prescrição de longe até que o indivíduo veja o teste de perto nítido à distância requerida;
- Método baseado na amplitude de acomodação – para determinar a adição é necessário ficar $\frac{1}{2}$ de amplitude de acomodação de reserva. Deve-se medir a amplitude de acomodação aproximando um teste de leitura até que o paciente não distinga as letras, o inverso dessa distância em metros é a AA. A adição é $ADD = 1/d - AA/2$, em que d = distância em metros da distância de leitura;
- Método baseado na idade do indivíduo:

Tabela 1.1 Relação entre a AA e a idade [4].

Idade	Amplitude de acomodação	Adições aos seguintes cm		
		25	35	40
40	6	1.00	0.00	0.00
45	4	2.00	0.75	0.50
50	2	3.00	1.75	1.50
55	1.5	3.25	2.00	1.75
60	1	3.50	2.25	2.00
65	0.5	3.75	2.50	2.25

- Cilindros cruzados estacionários - colocar em cada olho os cilindros cruzados estacionários sobre a compensação de longe, com o indivíduo a observar o teste de rede à distância de trabalho; adicionar lentes esféricas positivas até se verem as linhas verticais mais negras e de seguida reduzir até ver as linhas iguais. A adição é a subtracção da visão de longe à visão de perto;

- Teste bicromático - colocar à distância de trabalho um teste bicromático e se a pessoa vir melhor sob o fundo verde, adicionar lentes positivas até ficarem ambos os fundos iguais.

Compensação

A correcção da presbiopia é alvo de grandes avanços de várias técnicas que vem sido a ser pesquisadas ao longo dos anos. Algumas dessas técnicas são as cirúrgicas, o uso de lentes de contacto (monofocais, progressivas) e o uso de óculos (unifocais, bifocais, progressivos, progressivos para tarefas intermédias e de perto (lentes regressivas). Embora o uso de auxílios ópticos seja visto como incómodo para alguns, é a forma mais utilizada para compensar a presbiopia, com respostas bastante positivas para o uso de lentes progressivas em particular.

1.2 Introdução Histórica das Lentes Progressivas

1.2.1 Conceito

Na sociedade actual o aumento do tempo a realizar tarefas de visão de perto, as condições de vida e as adversidades do meio podem prejudicar o funcionamento do sistema visual e reduzir a sua eficácia, neste caso antecipar a presbiopia. Vários estudos demonstram que os presbitas ocupam uma grande parte da população. Relativamente a um estudo feito nos Estados Unidos da América, um terço da população que usa óculos é presbíope e em 2002 de todas as lentes que foram vendidas, 52.4% eram monofocais e 47.6% eram multifocais (incluindo bi/trifocais e progressivas) [5].

Frente a esta situação encontrou-se um meio de ajudar o sistema visual para se adaptar às exigências - **as lentes progressivas**. Este mercado de lentes vai-se desenvolver cada vez mais e terá mais vantagens no futuro, na substituição de lentes bifocais e unifocais. Não são só os presbitas que podem usufruir de lentes progressivas, pois estas facilitam em muitos casos, comprovados por alguns estudos, o aumento do rendimento em pacientes com miopia progressiva [6].

As lentes progressivas possibilitam uma passagem gradual da visão sem linhas visíveis a demarcar, com uma variação na potência em sentido positivo, de longe para perto, com visão nítida a todas as distâncias. A superfície óptica das lentes progressivas apresenta três zonas diferentes: longe - zona que tem como ponto de referência o centro óptico da potência de longe, intermédia - corredor com uma progressão de potência até à zona de perto, perto - zona da potência de perto calculada

pelo fabricante. Estas zonas são rodeadas por zonas periféricas que contêm erros astigmáticos, geralmente com ângulos oblíquos, que variam com a adição (quanto maior a adição, mais evidente serão os erros periféricos).

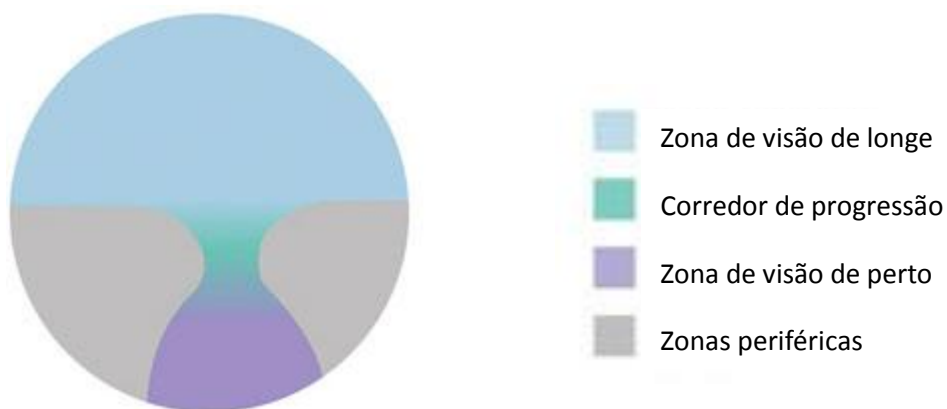


Figura 1.3 Zonas de visão da superfície das lentes progressivas. Adaptado de [7].

A melhor forma de compensar a presbiopia é através de lentes progressivas. Estas são as únicas lentes com uma superfície que permite obter uma visão nítida a todas as distâncias apenas com um pequeno reposicionamento da cabeça.

Princípio base

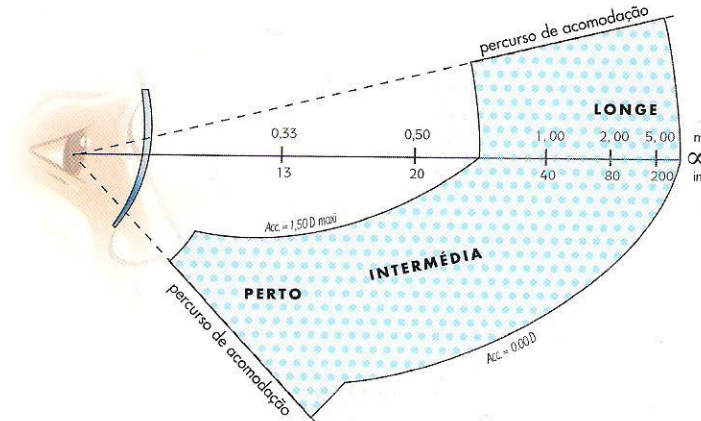


Figura 1.4 Campos visuais obtidos com uma lente progressiva com adição 2.00D [8].

A potência da lente progressiva aumenta de forma contínua de cima para baixo, com uma progressão obtida através de uma variação contínua da curvatura da lente, obtida por curvas horizontais sucessivas, sem separação visível entre as várias zonas, beneficiando o utilizador de uma visão contínua de longe para perto.

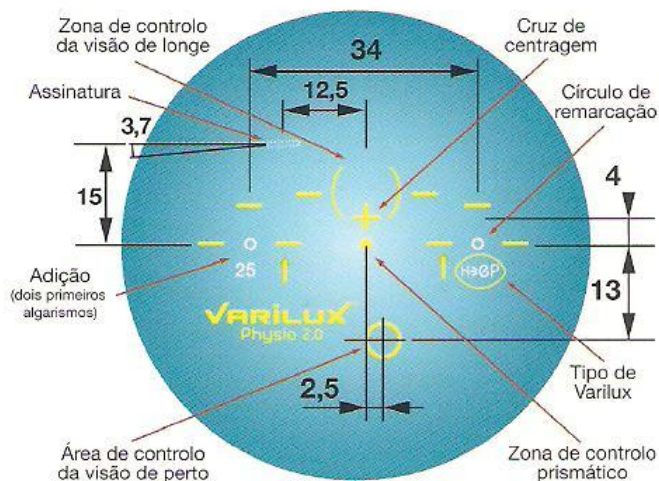


Figura 1.5 Pontos de referência numa lente progressiva exemplificados numa lente varilux physio 2.0 de última geração [8].

Os pequenos círculos a branco são permanentes a todas as lentes progressivas e são feitos a laser. Podem ser círculos, triângulos, quadrados etc, dependendo do fabricante. Estão separados por 34mm independentemente da marca. Por baixo dessas marcas estão também gravadas a adição do lado temporal e a identificação do fabricante do lado nasal. Estas marcas só são visualizadas através de uma luz forte ou através de luz ultravioleta. A distância entre o centro da zona de perto e o centro da zona de longe é de 2.5mm.

1.2.2 Nascimento

- ◆ Owen Aves um optometrista Inglês patenteou o primeiro design da lente progressiva em 1907 mas nunca chegou a ser comercializada [9].

- ◆ As lentes progressivas tiveram a sua grande evolução por Bernard Maitenaz da “Société des Lunetiers”(que posteriormente se tornaria na Essel e por fusão com a empresa Silor, daria origem à Essilor)em França (1953), que patenteou a primeira lente progressiva que iria ser produzida - Varilux I -[8,10]
- ◆ Varilux I(1959) lançada pela empresa Essel na França - 1ºsistema com aceitação pelos usuários [5,10].

1.2.3 Evolução

As lentes progressivas possuem superfícies complexas que são as responsáveis pela progressão dos valores dióptricos observados e que por serem complexas são dotadas de incontáveis focos; são diferentes das lentes multifocais que são trabalhadas com superfícies clássicas (esférica ou cilíndrica) e como tal podem ser denominadas de acordo com a quantidade de focos nelas existentes (bifocal, trifocal e quadrifocal) [11].

Até aos dias de hoje, as lentes progressivas registaram várias evoluções:

1ª Geração

- Lente progressiva com desenho simétrico.
- Não era definido o lado da lente.
- O centro óptico de perto estava centrado com o centro óptico de longe, ou seja, não contemplava a convergência.

- Progressão dura de 1/4dpt.
- Zona de visão de longe e de perto esférica, aproximando-se das lentes bifocais, apenas com uma ligação entre essas duas superfícies - a concepção da superfície era através de círculos.

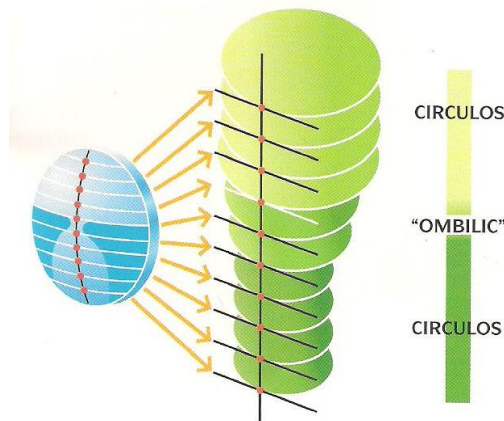


Figura 1.6 Concepção da superfície da varilux 1 [8].

- Fortes aberrações laterais exigindo grande esforço de adaptação por parte dos utilizadores [8,12].

2ª Geração

Por volta de 1970 surgem várias concepções de superfícies alternativas. Uma concentrando-se nas zonas de longe e de perto e outras nas aberrações das zonas periféricas.

- Desenho assimétrico - a maior parte da distorção indesejada na área de leitura é empurrada na direcção da lateral nasal do canal progressivo. Na visão lateral, os dois olhos vêem através de áreas que oferecem qualidade similar de imagem.
- A geometria contemplava a convergência.
- Progressão dura de $\frac{1}{4}$ Dpt.
- Passa a ser definido o lado da lente.
- Introduzido um prisma de redução de espessura ($\frac{2}{3}$ do valor da adição).
- Tentativa da redução de aberrações através de um ligeiro aumento da potência nas zonas laterais da zona de visão de longe e diminuição da potência nas partes laterais da zona de visão de perto. Isto resulta numa transição mais suave entre as partes laterais superiores e inferiores, com uma diferença menor entre os raios de curvatura das respectivas zonas.
- Manter constantes os componentes horizontais dos efeitos prismáticos, para que na visão lateral os objectos não sejam vistos deformados.
- Para explicar as curvas geométricas dos raios nas lentes progressivas a concepção de superfície é descrita através de: elipse, seguida pelo círculo, elipse, parábola e hipérbole, que reproduz o trabalho de Arbenz em 1975. Estas figuras geométricas transportadas para um corpo sólido transparente são as responsáveis pela progressão dos valores dióptricos nas lentes progressivas [11].

Um as lentes ainda contemplavam:

- Desenho simétrico - onde era efectuada uma rotação da lente entre 8° a 10°, descentrando o centro óptico de perto do de longe.
- Concepção esférica [8,12].

3ª Geração

- Geometria assimétrica.
- Introdução da superfície asférica.
- Progressão suave de 1/8dpt.
- Introdução de design mono-multi:
 - O **design mono** define uma lente progressiva com a mesma forma para qualquer adição, sem alterar as zonas de visão. Porém podia-se alterar a progressão entre a zona de visão de longe e a zona de visão de perto, escolhendo entre uma *progressão suave* (corredor longo - menor distorção e menor visão desfocada, ou seja, menos aberrações de alta ordem em toda a lente) com uma adaptação mais rápida devido à visão dos objectos periféricos com menos distorções, ou uma *progressão dura* (corredor curto - maior campo de visão de perto) que seria melhor para um utilizador sénior pois a potência de perto é alcançada rapidamente e as aberrações são concentradas na periferia.

- Para um **design multi** era tida em consideração a adição, e a modificação do desenho para cada adição maximizava a amplitude do campo visual perto. Quanto maior o corredor da lente, menor o efeito indesejável do cilindro, porém o olho terá de baixar mais para atingir a máxima potência de perto [13].

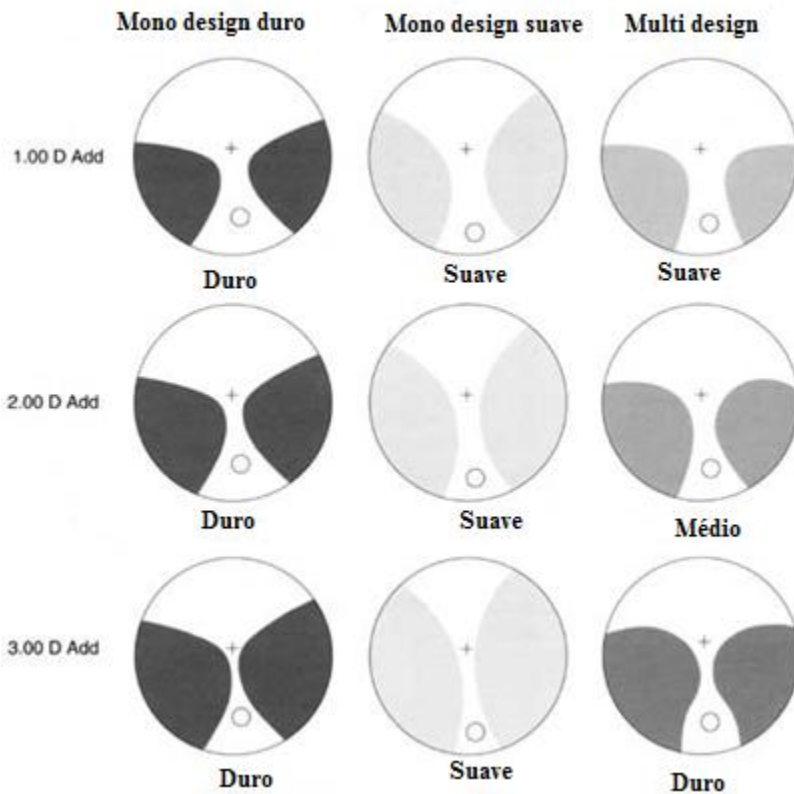


Figura 1.7 Princípio das lentes progressivas multi-design comparado com o mono-design. Adaptado de [13].

4ª Geração

No mundo da moda das armações, a altura mínima de ajuste tornou-se um componente importante das lentes progressivas modernas.

- Encurtar o comprimento de progressão da lente, proporcionando uma postura mais confortável em visão de perto, porém este design elimina o benefício de uma transição suave e resulta em altos níveis de astigmatismo periférico.

- Geometria esférica-atórica:

Para lentes esféricas as suas bases são entre 2 e 3, para lentes esféricas entre 4 e 5. A base da lente é a medida da curvatura da lente, ou seja, se a lente for plana a sua base será zero. Quanto mais curva for a lente, maior será a sua base. Estas novas lentes progressivas aumentam a acuidade visual do usuário, ao mesmo tempo em que alarga o campo de visão à distância, de perto e intermediária. Os usuários geralmente notam uma melhora imediata da visão.

A superfície posterior esférica aumenta o desempenho visual da lente. Esta geometria permite aumentar a potência até à zona inferior da lente limitando as aberrações ópticas na periferia e mantém uma transição de foco suave.

A geometria esférica é usada para lentes com potência esférica e para lentes com potência astigmática. Nas lentes com potência esférica, as manchas que ocorrem nas zonas periféricas são facilmente corrigidas com

- Jovens presbitas lente progressiva foi aperfeiçoada na visão periférica (reduzindo deformações), na visão binocular (redução dos efeitos de oscilação), na visão foveal (respeitando a posição natural da cabeça e dos olhos).
- Presbitas seniores aperfeiçoamento na visão periférica (suavização da superfície, para reduzir tempo de identificação de um objecto periférico), na visão binocular (variação suave dos efeitos prismáticos), na visão foveal (aumento das zonas de visão intermédias e de perto).

- Variação do descentramento da visão de perto em função da visão de longe, e não só em função da adição como até aqui se fazia. O descentramento deverá ser menor para os míopes que para os hipermetropes.

- A superfície progressiva é produzida na parte côncava, só algumas é que repartem a superfície progressiva pela parte convexa e a face côncava.

- Lente progressiva para armações pequenas: é necessário uma altura suficiente da ocular para incluir a visão de longe, de perto, e a progressão da lente. Seria necessário então criar uma lente com curta progressão e zona de visão de longe ampla, pois o usuário de armações pequenas baixa mais a cabeça para usar a visão de perto, e menos os olhos [14].

1.3 Geometria

Como já foi referido as lentes progressivas são compostas por 3 zonas: visão de longe, corredor de visão intermédia e visão de perto.

Normalmente, a zona de longe tem um bom campo de visão, no entanto, a zona intermédia e perto, costumam ser pequenas. Nas zonas laterais, a lente tem aberrações pelo que a visão não é nítida.

Para conceber o design das lentes progressivas é necessário avaliar:

Visão foveal

As áreas da lente que vão ser utilizadas para as actividades que necessitem de precisão, têm de produzir imagens de qualidade máxima correspondendo estas à visão foveal.

Tem de se ter em conta o seguinte:

- A coordenação dos movimentos dos olhos no plano horizontal determina a largura da lente varrida pelo olhar, determinando a largura da zona da lente utilizada para a visão foveal (geralmente $<15^\circ$) [8].
- A posição natural da cabeça e do corpo determina a distância entre a visão de longe e de perto e a rotação entre essas duas zonas.
- Afastar as aberrações para a periferia.

Visão Periférica

Em visão extra-foveal o usuário tem a percepção das formas e do espaço envolvente, sendo directamente afectada pelos efeitos prismáticos da lente progressiva, afectando sensivelmente o conforto visual. Apesar de nesta zona as exigências de qualidade de imagem serem menores, estes efeitos prismáticos devem ser distribuídos de uma maneira regular para que a percepção do movimento seja confortável [8,9].

Visão Binocular

Quando o usuário baixa os olhos para ver ao perto, estes convergem, logo a progressão da potência na lente deve ter em conta o seguimento da trajectória da convergência inferior-nasal.

Os efeitos prismáticos verticais devem ser iguais para todos os pares de pontos correspondentes das lentes direitas e esquerdas para promover a fusão motora das imagens [8,9].

A concepção das lentes lateralmente é assimétrica para permitir uma correcta fusão nos movimentos laterais.

Existem vários critérios que podem definir as lentes progressivas em quatro grandes grupos:

Lentes progressivas convencionais básicas - são as lentes que têm mais aberrações laterais. O corredor de visão intermédia é relativamente estreito, sendo que a maioria tem corredor longo havendo algumas marcas

que também apresentam corredor curto. Esta geometria de lentes generaliza os comportamentos dos presbitas em relação às suas necessidades visuais. Estas lentes são indicadas para quem vai usar lentes progressivas pela primeira vez e prefere as mais económicas.

Lentes progressivas convencionais avançadas – Já têm em conta a graduação e a adição de forma a minimizarem as aberrações laterais. Normalmente, tem um amplo campo de visão de longe. Geralmente todas as marcas têm as duas versões: corredores longo e curto.

Lentes progressivas com tecnologia free-form – O free-form é a mais recente tecnologia utilizada no fabrico de lentes oftálmicas progressivas (e em algumas unifocais). Esta tecnologia traduz-se na colocação da parte progressiva na parte interior da lente, o que produz uma visão intermédia e de perto mais larga e na visão de longe minimiza as distorções /aberrações e aumenta a sensibilidade e contraste.

Vantagens da tecnologia Free-Form

O free-form reduz as aberrações laterais e produz uma menor distorção para além de aumentar o campo visual nas zonas de leitura, visão intermédia e de longe o que produz uma maior sensação de equilíbrio do olho. O desenho da lente é otimizado para a distância inter-

pupilar do paciente, altura de montagem, desenho da armação e potência da lente.

Lentes progressivas totalmente individualizadas – Também são lentes free-form porém algumas marcas desenvolveram lentes personalizadas que, para além dos parâmetros anteriores incorporam também a distância vertex, o ângulo pantoscópico.

Estas medidas devem ser controladas utilizando uma carta de centragem e uma régua fornecida pelo fabricante, verificando também a altura pupilar em visão de longe e opcionalmente a posição dos olhos em visão de perto.

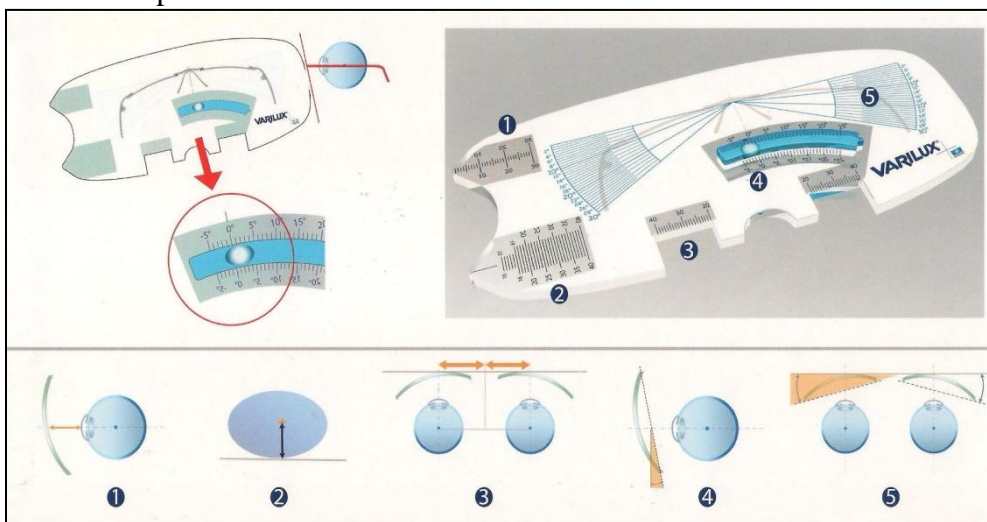


Figura 1.9 Régua de marcação para lentes personalizadas da Essilor (Varilux Physio f-360).

Existem também lentes progressivas personalizadas, em que para a sua fabricação, além dos dados anteriores, entram em consideração a forma do paciente olhar, ou seja, se o utilizador movimenta os olhos ou se movimenta a cabeça, de forma a adaptar as zonas de visão nítida às suas posições personalizadas, isto é, individualizam os valores das necessidades visuais. Estas medidas são feitas usando um aparelho próprio de cada marca que depois são comunicadas ao laboratório para as incorporar no design da superfície.



Figura 1.10 Sistema de registo visual [8].

Não haverá dois usuários com a mesma prescrição nas lentes, quando produzidas pela tecnologia free-form.

Não é de forma alguma aconselhável que um utilizador passe a usar um tipo de geometria mais antiga se já estiver a usar uma lente com tecnologia mais recente.

Representação gráfica das lentes progressivas:

Gráfico de curvas isométricas

A quantidade e distribuição de cilindro e de esfera pode ser demonstrada por curvas isométricas (isoesfera ou isoastigmatismo) num mapa bidimensional da lente. Verifica-se que as linhas isoastigmáticas estão nas zonas menos utilizadas da lente (periféricas).

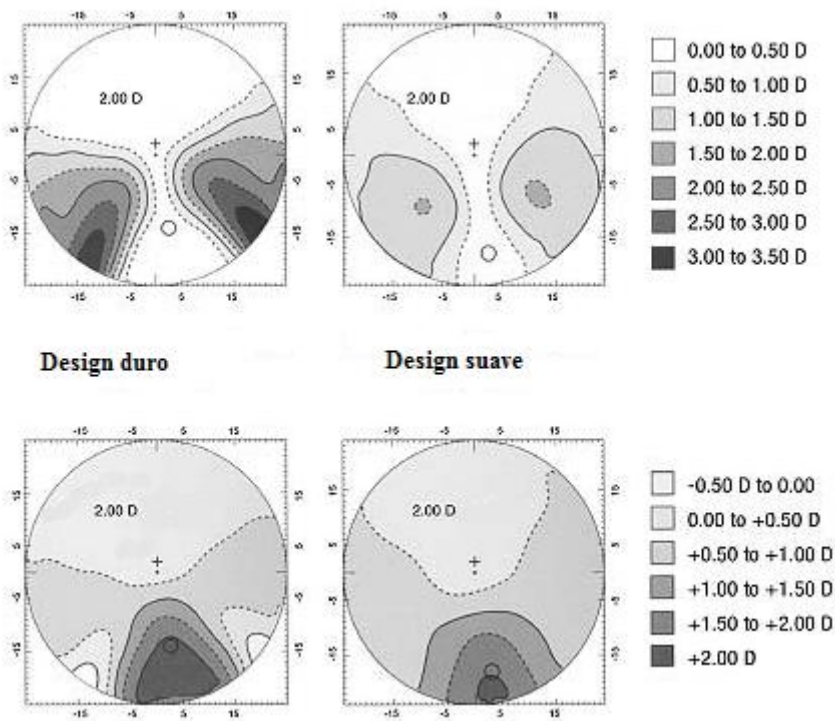


Figura 1.11 A figura a) mostra curvas de isoastigmatismo e a figura b) curvas de isoesfera. Adaptado de [13].

Está demonstrado pelas linhas isoastigmáticas as zonas onde vai haver desfocagem na visão, que são as zonas menos utilizadas da lente. Nos designs duros existem mais aberrações do que nos designs suaves, como se pode verificar. Estes gráficos permitem delimitar o tamanho da zona de longe, da zona intermédia e da zona de perto [13].

Diagramas

As aberrações das lentes também podem ser demonstradas por gráficos tridimensionais (diagramas).

Diagramas de astigmatismo podem ser usados para demonstrar as propriedades ópticas das lentes progressivas, por exemplo, a aberração astigmática. Apresentam a distribuição diferente da aberração astigmática e o tamanho das zonas visuais. Entretanto, diagramas deste tipo não indicam a facilidade que o usuário terá em se adaptar e aceitar estas lentes, uma vez que isto depende de muitos factores: erro astigmático, aberrações esféricas, efeitos prismáticos, distorção, poder dióptrico prescrito, centragem, inclinação da armação (ângulo pantoscópico), a distância vertex e a avaliação subjectiva do usuário [7].

Estes diagramas assim como os gráficos de curvas isométricas podem ser usados para comparar vários tipos de lentes progressivas.

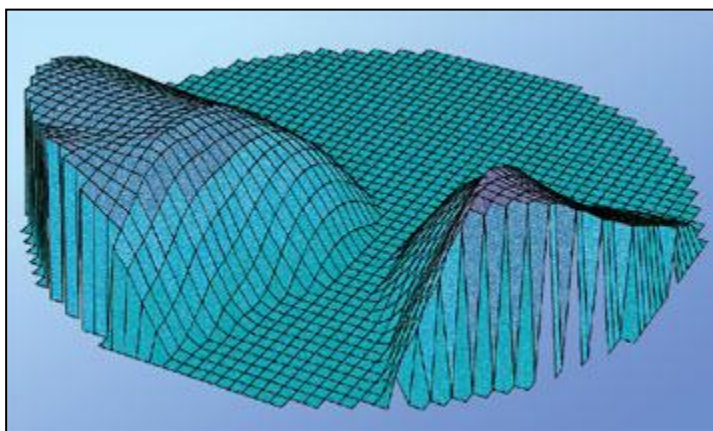


Figura 1.12 Diagrama da aberração astigmática efectiva com uma lente da Zeiss (Gradal Top) [7].

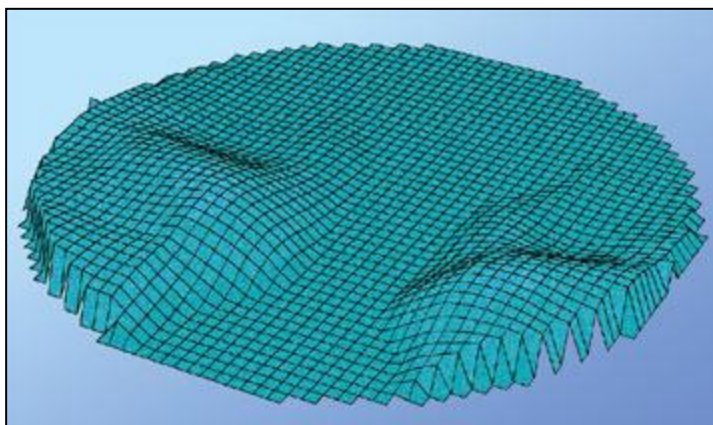


Figura 1.13 Diagrama da aberração astigmática efectiva com a Gradal RD [7].

Estes tipos de representação gráfica podem ser usados, por exemplo, para distinguir uma lente progressiva convencional de uma lente progressiva free-form, como demonstram as imagens, porém só os estudos clínicos é que podem comparar qualitativamente os vários tipos de lentes.

A representação tridimensional pode ser utilizada também para apresentar a distribuição da potência e dos efeitos prismáticos.

Existem certas características das lentes progressivas que para respeitar a fisiologia da visão têm de obedecer a certos critérios e algumas têm de ser mantidas abaixo de certos limites. Neste capítulo vão ser abordados alguns, pois outros serão abordados nos capítulos seguintes.

Parâmetros ópticos específicos para o design das lentes progressivas:

- Posição da altura da zona de visão de perto

Situar a zona da visão de perto para um abaixamento do olhar da ordem dos 25°, respeita geralmente a fisiologia dos olhos e da visão [8].

- Progressão da potência

Deve permitir explorar o campo objecto sem o utilizador ter de mexer a cabeça, relacionando também com a inclinação dos documentos durante a leitura.

- Posição da horizontalidade da zona de visão de perto

Tem de ser definida através da convergência natural dos olhos de cada usuário baseando-se no valor da adição, da correcção de longe, da distância naso-pupilar (DNP) e da distância média de leitura. Tem de se dar importância também à idade do presbita pois quanto maior for, mais descentrada a zona de perto terá de ser, devido à diminuição da distância de perto para haver um efeito de “lupa” [8].

Para usuários presbitas que não convergem na visão de perto, pode ser solicitada a lente progressiva sem o descentramento da zona de visão

de perto. Esta opção só é possível em algumas marcas (ex: Carl Zeiss com a designação de inset 0)

1.4 Fabricação free-form

O fabrico de uma lente progressiva free-form apresenta as seguintes etapas:

1- Design da superfície

É utilizado um equipamento informático com um sofisticado software (cada fabricante tem o seu) para fazer o cálculo da topografia da superfície da lente progressiva e do design. São feitos os cálculos matemáticos de acordo com o tamanho, tipo e formato da armação para determinar a espessura e a curvatura interna da lente. Para descrever uma superfície progressiva são necessários milhares de pontos relacionados com cada pedido individual feito ao fabricante com base nos parâmetros específicos pedidos pela fábrica:

- Graduação
- Adição
- Pré-calibragem digital - forma mais eficaz, através de digitalização da forma das lentes, de reduzir a espessura das lentes convexas, pois transmite estes dados ao fabricante que calcula a espessura mínima no centro da lente em função da espessura mínima requerida no ponto mais fino do respectivo bordo; Este sistema solicita-se sempre que se pedem

lentes progressivas, pois estes dados também são importantes para a otimização da lente.

- Distâncias naso-pupilares para visão de longe
- Alturas pupilares (com o paciente a olhar para longe)
- Ângulo pantoscópico
- Distância vertex

O ajuste da armação deve ser feito antes de se proceder às medições referidas anteriormente.

O software utilizado transmite os dados para o equipamento (CNC) que vai desbastar a lente.

2 - Desbaste da superfície

As lentes convencionais são originadas através de uma patela (semi-acabada) que tem uma superfície com uma base pré-definida a superfície anterior, sendo a superfície posterior trabalhada. As lentes progressivas semi-acabadas são produzidas em grandes quantidades. Estas têm a adição moldada e incorporada na superfície anterior, e estão disponíveis em 12 adições, resultando em centenas de lentes semi-acabadas para cada curva de base específica. Por vezes para prescrições muito altas a curva de base disponível não é a ideal, ficando por vezes a lente com uma qualidade óptica baixa.

Felizmente a introdução das lentes free-form facilitaram a fabricação das lentes, esta nova geração é fabricada na superfície

posterior da lente em tempo real para cada usuário em específico [15]. A lente é então originada, diminuindo o bloco, para aproximar a espessura e criar a curva posterior necessária para produzir a prescrição adequada. O desbaste é realizado com CNC (computador numericamente controlado).

O disco de desbaste, também chamado de cortador de diamante de ponto único (zeiss) vai-se deslocar nos eixos x, y e z, enquanto está em rotação em torno do eixo y. A lente gira em torno do eixo z e os movimentos são realizados na ordem das milésimas de milímetro. O desbaste é iniciado a partir do centro da lente e a superfície vai sendo trabalhada em espiral [7].

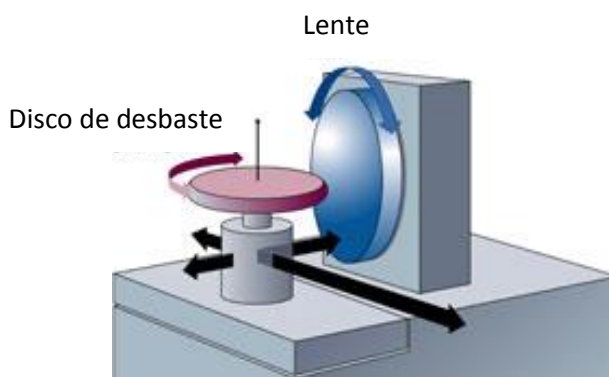


Figura 1.14 Desbaste da lente através do disco de desbaste. Adaptado de [7].

A tecnologia CNC permite que o design desejado para a lente seja transferido directamente do gerador CNC para o polimento CNC, mantendo-se sempre a forma da superfície desejada.

3- Polimento

A lente é polida para suavizar a superfície. Durante este processo é importante monitorar a pressão pois com o aumento desta podem-se criar micro-aberrações na superfície da lente que se manifestam em halos à volta das luzes [8].

4- Gravação a laser da superfície da lente: Esta etapa é realizada logo após ao polimento, para que depois seja permitida a centragem das lentes para a inspecção. Estas gravações já foram referidas anteriormente (2 círculos ou outras formas, distanciados de 34mm no eixo horizontal, com a adição sob o círculo temporal e o logótipo, que representa a marca e design da superfície, sob o círculo nasal).

5- Aplicação dos tratamentos solicitados para a lente

6- Controlo da lente:

As lentes vão para a inspecção e controlo antes do recorte. É utilizado um aparelho chamado frontofocómetro computadorizado, que tem por objectivo conferir tridimensionalmente a potência e o eixo que foi determinado no pedido, ou seja, analisa a topografia da superfície dos quais se obtêm dados que podem ser directamente comparados às equações teóricas da superfície verificando a sua correspondência. Neste sector também é conferida a espessura central e das bordas das lentes.

O poder medido é diferente do poder prescrito porque:

- A análise da potência da lente pelo frontofocómetro é feita reproduzindo a posição da lente como se estivesse nos óculos de prova durante a refração, ou seja, sem inclinação na armação, o que não acontece com as armações dos pacientes. Quando a lente é colocada na armação final do usuário, é posicionada em relação ao olho com inclinação e com uma distância vertex que vai influenciar a potência da lente usada pelo paciente. Estando a lente final com o centro óptico de perto mais próximo do olho, a potência medida vai ser maior [16].
- A inclinação produz também um astigmatismo oblíquo e uma variação do cilindro.
- A geometria da lente de prova é diferente da lente dos óculos - Uma lente de prova apresenta uma espessura central menor que a de uma lente de óculos com mesmo poder de vértice.

Estes valores de correcção são calculados na fábrica informaticamente, e introduzidos automaticamente na fabricação da lente.

Quando a lente vem do laboratório, o envelope indica dois valores: a descrição da potência medida e a da potência prescrita, para uma correcta verificação de potência pelo frontofocómetro. Estas mudanças podem afectar a esfera, o cilindro, o eixo e o prisma.

O software necessário para executar todos estes cálculos – seja para determinar como compensar a posição de uso ou para atingir campos

ampliados de visão e uma adaptação mais fácil – são de propriedade de cada empresa.

1.5 Prismas oftálmicos e efeitos prismáticos

Prisma de redução de espessura

A Essilor designa este prisma de prisma “allégé”. As lentes progressivas têm um aumento constante da curvatura da superfície na zona inferior. Isto torna esta zona mais fina que o resto da lente.

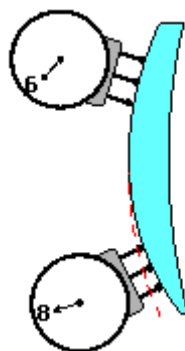


Figura 1.15 Aumento da curvatura na lente progressiva. Adaptado de [17].

Para impedir então que essa zona inferior fique muito fina, a zona inferior terá de aumentar de espessura sem que afecte a zona superior. Para conseguir este efeito adiciona-se um prisma de base inferior a toda a lente. Verifica-se então que a parte superior e inferior da lente tem a mesma espessura, logo a totalidade da lente pode ser reduzida.

Esta técnica é conhecida por prisma de base inferior. As lentes direita e esquerda têm de receber a mesma quantidade de prisma de base inferior, caso contrário, o utilizador vai sofrer de visão dupla. A quantidade de prisma necessária varia de acordo com a adição, o tamanho e a forma da lente e o desenho. O mais comum é o valor do prisma ser dois terços da adição. Esta técnica tem um efeito muito positivo na redução de espessura e do peso da lente sendo considerada um elemento de estética [18].

O prisma de redução de espessura pode ser medido no ponto de referência do prisma da lente. Numa prescrição prismática, o valor medido é o prisma resultante dos poderes do prisma de redução de espessura e o prisma prescrito.

A maioria dos métodos de redução de espessura envolvem adicionar um prisma de base inferior à lente progressiva procedendo de seguida à redução de espessura, como já foi mencionado. Porém em alguns casos, retirar o equivalente a um prisma de base superior pode ser apropriado, como demonstrado na figura seguinte.

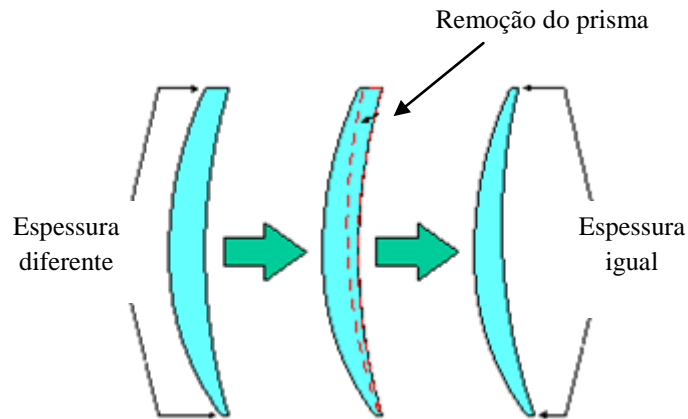


Figura 1.16 Remoção da espessura equivalente a prisma de base superior. Adaptado de [17].

Este prisma não é prescrito, pois é no programa de computador do laboratório que se determina se esta técnica irá reduzir a lente uniformemente.

Adaptação do usuário à redução de espessura

Alguns pacientes podem demonstrar dificuldade na adaptação das lentes progressivas com redução de espessura, que apresentam sintomas como: dizer que o chão parece ter altos, a necessidade de inclinar a cabeça para baixo para ver através da zona de visão de longe.

As causas para esta dificuldade poderão ser:

- O paciente está a usar pela primeira vez lentes progressivas.
- O paciente nunca usou lentes progressivas com redução de espessura.

Porém, na maioria dos casos as causas estão relacionadas com erro na potência da lente ou um posicionamento errado da lente em frente do olho. Deve então ser sempre verificada a potência da lente e a quantidade de prisma de redução de espessura presente na lente comparada com as lentes que o paciente usava anteriormente para evitar estas situações de desconforto ao paciente.

Efeito prismático induzido pela anisometropia

Quando um paciente anisométrico afasta o olhar da zona de referência de longe, são induzidos efeitos prismáticos, principalmente se o paciente usar lentes progressivas. Normalmente em usuários de lentes progressivas isto só se pronuncia, quando existe uma diferença maior que 1.5D entre os dois olhos. Quando a anisometropia causa desconforto visual, nomeadamente visão dupla, tem de ser colocado um prisma numa das lentes para cancelar o efeito prismático induzido pela diferença de potências entre as duas lentes. É então incorporado um prisma de base up na lente progressiva mais negativa. Esta técnica é denominada de slab-off.

Técnica slab-off

Com a incorporação do prisma de compensação na lente mais negativa, quando o usuário olhar pela zona de visão de perto, vai haver um desvio do raio principal através desta lente, da mesma maneira que na lente mais positiva. Logo, os efeitos prismáticos serão os mesmos para os

dois olhos e as imagens estarão à mesma altura para as duas lentes produzindo uma imagem binocular sem defeito [18].



Figura 1.17 Utilização da técnica slab-off [7].

A técnica slab-off é necessária para poder compensar a diferença prismática nos pontos de referência das várias zonas de visão da lente.

Tabela 1.2 Comparação da potência prismática [7].

	Sem slab-off		Com slab-off	
	Direita	Esquerda	Direita	Esquerda
Círculo de medição da visão de longe	3,3 b.i.	4,5 b.i.	4,5 b.i.	4,5 b.i.
Ponto de medição prismática	1,2 b.i.	1,2 b.i.	2,4 b.i.	1,2 b.i.
Círculo de medição da visão de perto	4,7 b.s.	7,2 b.s.	7,2 b.s.	7,2 bs.
Exemplo de poder prismático numa lente progressiva:				
Dir.: +3,0; Esq.: +5,0; Adição: 2,0				
b.i.:base inferior				
b.s.: base superior				

Hipóteses para substituir o slab-off:

- Dois pares de óculos

- Aumentar a altura de montagem das lentes progressivas
- Prisma de Fresnel.

O valor do prisma slab-off é determinado no laboratório.

Para além destes prismas que são incluídos nas lentes progressivas, continuam a existir efeitos prismáticos indesejáveis em toda a superfície da lente. Estes variam ao longo do corredor de progressão de potência consoante a prescrição de longe, a prescrição de perto e a extensão do corredor. Sendo importante medir sempre o valor prismático em cada lente progressiva e compará-lo, para verificar se existe incongruência. Para esta verificação também é importante um aberrómetro para comparar os diagramas da superfície das lentes [19].

1.6 Aberrações

Antes de abordar as aberrações ópticas é necessário mencionar alguns conceitos básicos referentes às frentes de onda.

Frente de onda

A luz propaga-se uniformemente a partir de um ponto luminoso, com a mesma velocidade e em todas as direcções, porém pode ser alterada pela difracção e pela interferência. A posição da luz em determinado momento é a união dos pontos em esfera numa mesma fase de vibração, chamada de frente de onda. Os raios são uma alternativa de representar luz. As propriedades básicas desta frente de onda são o comprimento de onda, a velocidade e a frequência.: $f=c/\lambda$.

Quando a luz viaja através de meios ópticos diferentes como água e vidro, a sua velocidade diminui mas a sua frequência não se altera, porém a forma da frente de onda altera-se denominando-se frente de onda aberrante [20].

Aberrações ópticas

Aberrações ópticas podem ser definidas como características de um sistema que impedem que a imagem de um ponto seja a reprodução exacta desse ponto, o que limita a visualização de detalhes mais precisos para o olho humano.

Conhecida uma frente de onda e as suas aberrações é possível estimar a qualidade da imagem produzida. Hoje em dia isso pode ser demonstrado pelos vários aberrómetros.

Desde que foram lançadas as lentes progressivas que se têm feito muitas tentativas para solucionar o problema das aberrações. Porém há que distinguir as aberrações do olho das aberrações da lente. Para os presbitas que têm aberrações de baixa ordem, é muito complicado conseguir usar lentes progressivas, pois comprometem muito a qualidade visual [21].

A tecnologia da frente de onda utilizada para conceber as lentes progressivas tem como base reduzir a onda luminosa à forma mais regular possível, ou seja, minimizando e controlando as aberrações. Esta tecnologia teve a sua aplicação na concepção da varilux physio.

A aberração de onda pode ser ajustada através de equações matemáticas, sendo os polinómios de Zernique os mais utilizados. São um conjunto de funções das quais se obtêm as formas das frentes de onda. A empresa Essilor assegura o emprego dos polinómios de Zernique (usando 10 dos 36 polinómios), sobre sistemas ópticos otimizados. Esta tecnologia é utilizada e patenteada pela Essilor (Wavefront Advanced Vision Enhancement).

Podemos dividir as aberrações em vários tipos, mas as mais importantes são as ópticas, que se podem subdividir em quatro: dispersão, difracção, aberração cromática e aberração monocromática (ou geométrica). Entre estas quatro, podemos apontar como mais relevantes as aberrações cromáticas e as monocromáticas (ou geométricas), pois elas aparecem mesmo quando se usa uma luz com comprimento de onda único (chamada de luz monocromática).

A **aberração cromática** é a separação da luz branca nas cores que a compõem e está ligada ao número Abbe do material, ao índice de refração dele e suas características quanto à transmissão luminosa.

Aberrações monocromáticas:

Aberrações de Baixa ordem - hipermetropia, miopia e astigmatismo regular são funções de Zernike de segunda ordem.

Aberrações de alta ordem - Quando a superfície da frente de onda é alterada de forma irregular, provoca aberrações de alta ordem ou de 3ª ordem, conhecidas como astigmatismos irregulares, que não podem ser

corrigidas com lentes esfero-cilíndricas. É impossível corrigir aberrações alta ordem com lentes de óculos, pois seria necessária a correspondência ponto a ponto da área pupilar com as lentes desses óculos [20]. Este tipo de aberrações não tem tanto impacto na qualidade visual.

A natureza permite ao olho humano compensar parcialmente as aberrações monocromáticas, dando à córnea uma forma menos curva na periferia que no centro. A forma asférica da córnea, em conjunto com a asfericidade do próprio cristalino, contribui para atenuar estas aberrações ópticas geométricas.

As aberrações ópticas tornam-se mais complexas com o aumento de ordem e dependem do diâmetro da pupila. Como existe forte relação entre as aberrações ópticas e o tamanho da pupila, as medidas de aberrações têm sentido somente nas pupilas maiores que 6 mm – uma vez que nas pupilas menores os raios centrais são pouco afectados. Então, em condições normais de iluminação, durante o dia ou em ambientes bem iluminados, as aberrações de alta ordem, como o Coma, têm seus efeitos minimizados, ou até mesmo suprimidos, devido à condição natural do olho, que ao adaptar-se a esta luminosidade, faz com que a pupila apresente aberturas menores que 6 mm [16].

O sistema dos polinómios de Zernique é utilizado para traduzir matematicamente uma superfície complexa pela soma de uma série de polinómios específicos. Os polinómios dependem de dois parâmetros n e f , a ordem é que n são as linhas e f as colunas. Os dez primeiros polinómios permitem notáveis aplicações matemáticas e físicas: o 5º dá

acesso à curvatura média da superfície, o 4º e o 6º ao cilíndrico e ao eixo e o 7º e o 10º ao declive da variação da curvatura.

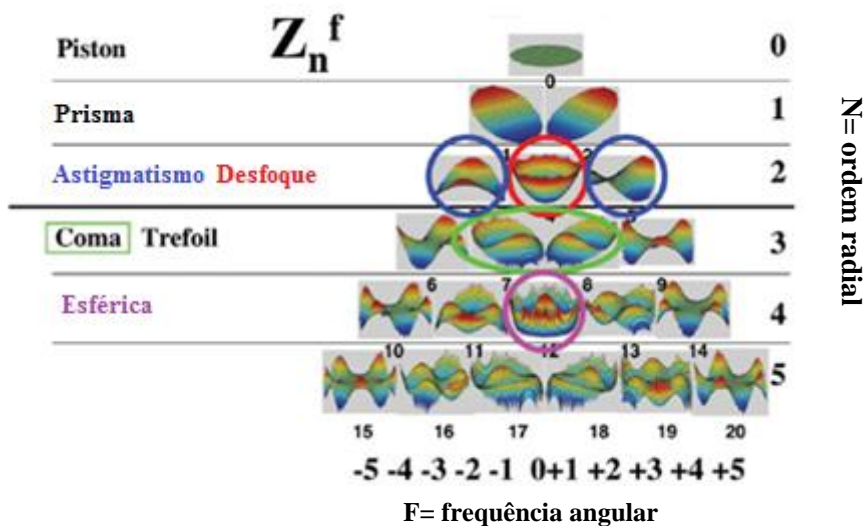


Figura 1.18 Polinômios de Zernique. Adaptado de [22].

Aberrações de onda em lentes progressivas:

As lentes progressivas também podem produzir aberrações de alta ordem adicionalmente às de baixa ordem. As de **baixa ordem** são devidas aos efeitos astigmáticos produzidos e à adição alta que causa desfoque. Consequentemente são produzidas aberrações **de alta ordem** como o coma e o trefoil. O coma ocorre quando a pupila (com diâmetro de 6mm) vai rodar para baixo pelo corredor de visão intermédia, e fica a parte

superior da pupila coberta por uma potência diferente da parte inferior, que já tem a progressão de potência [16].

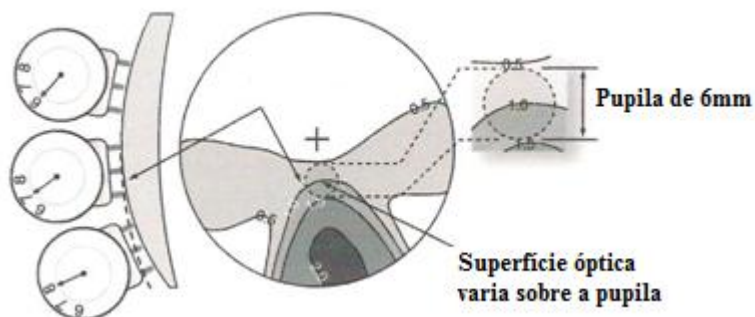


Figura 1.19 Progressão da adição sobre a pupila induzindo a aberração coma. Adaptado de [16].

Então, as aberrações de alta ordem nas lentes progressivas concentram-se nas zonas onde existe uma variação maior de astigmatismo e de esfera, ou seja, perto das zonas de visão central e ao longo do corredor de visão intermédia [23].

Quanto melhor for a qualidade da lente menos aberrações haverá. Isto é válido quando se comparam lentes com os mesmos parâmetros: graduação, adição, corredor, altura de montagem, armação, etc. O mesmo tipo de lente com corredor curto terá mais aberrações laterais do que se tiver corredor longo. Quanto maior for a graduação (sobretudo se houver astigmatismos) mais aberrações existirão. Adições mais elevadas também originam mais aberrações. Lentes progressivas em armações de tamanho lateral maior também podem apresentar mais distorções.

Não é de forma alguma aconselhável que um utilizador passe a usar um tipo de geometria mais antiga se já estiver a usar uma lente com tecnologia mais recente.

O coma e o trefoil, são aberrações comuns nos olhos de todos nós principalmente nos presbíopes, logo para algumas zonas da superfície das lentes progressivas podem-se anular e ficar compensadas, não prejudicando muito a qualidade visual [16].

1.7 Problemas de adaptação

Antes da adaptação dos óculos ao paciente tem de se proceder às seguintes etapas:

- **Verificar a graduação das lentes quando a lente chega da fábrica** – verificação no frontofocómetro da potência de longe, da potência de perto, da adição (também pode ser lida nas gravações a laser na lente do lado temporal) e do prisma.
- **Controlar a montagem das lentes na armação** - com a carta de centragem, a horizontalidade da montagem através da verificação dos círculos gravados a laser, as distâncias naso-pupilares e as alturas pupilares.

Após ajustar a armação ao rosto do usuário verifica-se:

- Centragem das lentes através das marcações das alturas e distâncias naso-pupilares (coincidentes com o centro das pupilas) e a visão de perto através do reflexo corneano (coincidente com o círculo de visão de perto).
- Qualidade da visão através de teste de AV.
- Confirmar ângulo pantoscópico.

Após estas etapas, e algum tempo para adaptação se o paciente manifestar dificuldades na adaptação, terá de se realizar novo procedimento para solucionar o problema, rectificando primeiro todos os ajustes anteriores.

Se estes estiverem correctos, terá de se proceder a uma investigação mais aprofundada.

Existem várias causas que provocam dificuldades de adaptação nos usuários. De seguida apresento as mais comuns.

- Prescrições elevadas

No caso de lentes de altas graduações, quanto maior o erro de centralização e/ou graduação da lente, maiores serão os efeitos prismáticos provocados segundo a regra de Prentice, em que:

Prisma = descentramento * Dioptria

Quanto maior a potência de longe, maior vão ser os efeitos astigmáticos na periferia da lente, logo uma maior rejeição do usuário [24]. Para o usuário de lentes com potência positiva alta, uma variação na distância vertex por mais pequena que seja vai afectar muito a potência efectiva de longe e de perto. Logo se aumentam os efeitos prismáticos, vai ser afectada a convergência, criando uma dificuldade no alinhamento da visão com a zona de visão de perto.

Se a pessoa se queixar de campo de visão de perto pequeno, tenta-se aumentar a inclinação pantoscópica, pois com uma diminuição da distância vertex de perto, aumenta o campo visual [25].

- Anisometropia

A anisometropia induz efeitos prismáticos quando o usuário desvia o olhar do centro óptico. A única solução para este problema nas lentes progressivas é a técnica slab-off, que já referi anteriormente. Contudo, a visão do usuário estará limitada à altura do ponto de medição prismática nas lentes. Outra solução será usar lentes bifocais.

- Prescrições astigmáticas

Os usuários de lentes astigmáticas altas têm uma alta tolerância às aberrações astigmáticas das lentes progressivas, pois estão habituados a elas.

Porém se a prescrição cilíndrica for de eixo oblíquo, pode encontrar algumas dificuldades quando olhar pela zona de visão de perto pois vai encontrar prismas de base out, que por sua vez dependem da direcção do eixo do astigmatismo. Não haverá problema com os prismas de base up pois anulam-se sempre binocularmente, mas os prismas de base out são cumulativos. Essas dificuldades podem-se pronunciar como distorções na visão periférica em situações que é necessário utilizar estas zonas, como conduzir [24,25].

- Monovisão

Quando se trata de pacientes com visão num só olho tem de se ter uma série de considerações antes de prescrever lentes progressivas. A maior atenção terá de incidir na visão de perto, pois se o paciente tiver monovisão há muito tempo, vai posicionar os objectos visualizados ao perto em frente ao olho que possui visão. Quando isto acontece, a zona de visão de perto das lentes não pode ter em consideração a convergência.

Normalmente, os pacientes que possuem monovisão recentemente, vão colocar os objectos de perto como se convergissem normalmente. Então, nestes casos, tem-se sempre de determinar se o paciente converge ou não.

- Baixa miopia

Os pré-presbíopes com baixa miopia vão notar que com lentes progressivas vão ter um campo de visão de perto nítido mais pequeno do que se retirarem os óculos para ver ao perto, logo, ao início vão preferir esta última situação. Todavia, com o uso das lentes progressivas vão contrariar essa preferência gradualmente.

- Adições altas

Quando um paciente tem uma adição alta (≥ 1.5) e vai usar lentes progressivas pela primeira vez, tem de se verificar que o paciente percebe que o seu campo de visão de perto vai ser menor do que com qualquer outra forma de compensação que utilizava anteriormente e porque quanto maior a adição menor o campo visual de perto [24]. Para este tipo de situação será mais sensato optar por uma lente progressiva de design duro, embora estas lentes sejam pouco usuais. Como já se referiu, este design vai aumentar o campo visual de perto que é o necessário neste caso.

Quando existe um grande aumento na adição das lentes progressivas do usuário, este já está habituado a utilizar a zona de visão de perto para visualizar objectos a distâncias intermédias. Tem de se informar o paciente que com as novas lentes terá de aprender de novo a ver os objectos a distâncias intermédias com o corredor de visão intermédia, sem levantar a cabeça para não abranger a zona de visão de perto e evitar dificuldades, principalmente náuseas enquanto caminha.

- Mudança do design da lente

Muitos pacientes ainda utilizam geometrias de lentes progressivas antigas, portanto se se estiver a considerar adaptar uma nova geometria, é um risco grande, pois pode resultar numa adaptação muito difícil devido ao aumento das aberrações na periferia em relação à geometria antiga.

- Mudança na prescrição

Quando acontecem mudanças na prescrição, tem de se ter mais atenção do que se fosse em lentes monofocais, pois vai alterar as aberrações em toda a lente. Uma das situações que proporcionam esta mudança na prescrição é quando se realiza a operação para retirar as cataratas. As alterações nas lentes progressivas serão também em relação aos efeitos prismáticos.

- Prisma de redução de espessura

Existem alguns casos em que pessoas que não utilizavam lentes com redução de espessura através do prisma de base up, sintam desconforto ao usar novas lentes com esta espessura reduzida. A solução para esta situação não é obviamente pedir umas lentes de geometria avançada, será manter a geometria antiga.

- Altura da pupila

Verificar sempre a altura a que foram montadas as lentes antigas, pois também influencia na nova adaptação, se o usuário estava habituado a uma altura mais alta ou mais baixa que a pupila.

- Mudança do tamanho da armação

Quando há um paciente que usa lentes progressivas de corredores longos há muito tempo, deveser mantida num tamanho similar de armação. Porém não quer dizer que não se possam adaptar armações pequenas. Terá de se explicar ao paciente que com um tamanho de armação mais pequeno alguma zona visual vai ser comprometida, que normalmente é a intermédia. Não adaptar a pacientes que utilizem muito esta distância [14].

- Estilo de vida

Enquanto um paciente de miopia baixa prefere um campo visual de longe maior, pois para ver ao perto retira os óculos ou olha por baixo deles, um paciente com uma baixa hipermetropia que estava habituado a utilizar óculos de perto prefere um alargado campo visual de perto. É necessário então fazer um pequeno estudo, por questionário ou aparelho próprio da marca, para saber o quotidiano do paciente. Quando o paciente utiliza muito o computador e outras tarefas de perto ou intermédio por períodos prolongados tem de haver o discernimento de prescrever lentes

que abranjam esses campos de visão mais amplamente. O melhor será continuar a usar lentes progressivas pois para o cotidiano é a melhor solução, e para trabalhos prolongados para determinadas distâncias, um par de óculos extra que satisfaçam essas necessidades.

Estas situações podem-se prevenir se houver uma aprofundada investigação sobre o cotidiano do paciente e as suas reais expectativas das lentes. É necessário explicar sempre ao paciente as suas limitações nas lentes progressivas relacionadas com as probabilidades de insucesso de cada um, se as tiver. É bom verificar também que algumas destas causas para os problemas de adaptação são comuns a outro tipo de lentes.

Outras situações onde não se aconselha o uso destas lentes:

- Pacientes que sofrem de enjoos frequentemente ou têm problemas de equilíbrio (não é aconselhável prescrever lentes progressivas).
- Pacientes que tenham certas características de postura física que obrigue a pessoa a inclinarem a cabeça para trás para olhar para longe.

1.8 Vantagens e desvantagens das lentes progressivas

Vantagens

- Apesar da complexidade das superfícies progressivas, continua a ser a solução mais prática, obtendo visão nítida a todas as distâncias com uma única lente, sem necessidade de retirar os óculos nem de mudar de armação para visualizar outras distâncias.
- Após a necessária adaptação inicial, o rendimento e conforto são bons.

- Desde a visualização de longe até uma distância próxima, a mudança na lente e na visão é progressiva, havendo uma visão nítida a todas as distâncias sem quebras bruscas.
- O aspecto estético é favorecido em relação às bifocais que contêm o segmento que delimita a zona de visão de perto, é importante a motivação.
- Qualidade de visão subjectiva é mais importante do que a acuidade visual perfeita.
- Compensação contínua da acomodação - que não é possível quando se utiliza uma lente unifocal para perto, pois a acomodação é apenas suprida para perto, e numa bifocal existem variações muito bruscas da acomodação (passando de repouso à amplitude máxima para visão de perto).
- Percepção contínua do espaço envolvente.
- O progressivo também é atraente nos casos em que mesmo não tendo potência para longe, o dia-a-dia é muito dinâmico, tendo que ler, usar computador, atender pessoas, assistir a conferências, etc. Usar óculos só para perto ou somente longe pode tornar-se enfadonho devido à necessidade de estar constantemente a tirar e a pôr os óculos no rosto.
- Quando o quotidiano do paciente também inclui tarefas de visão de perto e intermédia, como por exemplo o computador e “trabalho de secretária”, é lucrativo a utilização de lentes progressivas em comparação com lentes unifocais, pois o usuário terá de flectir muito menos a cabeça para realizar estas tarefas do que com uma lente específica para uma

distância, obrigando, nestas últimas, o usuário a olhar pelo centro da lente [26].

Desvantagens

Apesar das inúmeras vantagens que as lentes progressivas proporcionam, também têm como qualquer material, as suas desvantagens.

- O aumento de curvatura contínua na sua geometria provoca aberrações indesejáveis, porém ainda inevitáveis. Para evitar algumas destas desvantagens aconselha-se que os pacientes comecem a usar este tipo de lentes, no início da presbiopia, proporcionando uma adaptação contínua começando com uma adição baixa.
- Os campos visuais são mais estreitos que em lentes monofocais, sujeitando o usuário a evitar as zonas periféricas, onde se encontram a maior parte das aberrações.
- Percepção da profundidade algumas vezes é alterada devido à diferença de graduação entre a zona superior e inferior da lente.
- No início do uso de lentes progressivas o tempo de adaptação é maior do que com outro tipo de lentes.
- Custo superior ao de outro tipo de lentes devido aos custos profissionais.

2. Material



Figura 2.1 Equipamento de gabinete: tonómetro de sopro; coluna de refração com foróptero, lâmpada de fenda e projector; autorefractómetro.



Figura 2.2 Frontofocómetro

3. Métodos:

Foi realizado um estudo clínico com 25 presbítas amétropes em que todos foram submetidos a exame optométrico ou oftalmológico completo e receberam os novos óculos com lentes progressivas de várias marcas e tecnologia free-form. Todos foram submetidos a uma avaliação objectiva da AV, tanto de longe como de perto utilizando as novas lentes progressivas com a sua graduação actualizada, e a uma avaliação subjectiva do grau de satisfação dessas mesmas lentes.

Os pacientes foram avaliados através de questionário fechado, dirigido de múltipla escolha e respeitante à avaliação que o utilizador fazia das suas novas lentes, comparando também com o grau de satisfação das lentes anteriores. Este questionário foi realizado depois de 2 semanas de uso das novas lentes progressivas. Estas avaliações foram feitas em gabinete e em entrevista para a avaliação do desempenho clínico das lentes progressivas, durante a qual se anotavam os resultados.

O grau de satisfação (GS) tem um intervalo de avaliação compreendido entre 1 e 5, sendo 1 muito mau e 5 excelente.

- Parâmetros usados:
 - Distância inter-pupilar
 - Altura - centro da pupila
 - Pré-calibragem digital (desenho da armação)

- Avaliou-se cada paciente subjectivamente em:
 - Visão de longe, visão intermédia, visão de perto (satisfação em geral)

- Transição de zonas (longe - intermédio - perto), facilidade de mudança de plano
- Tempo de adaptação
- Grau de satisfação geral

Todos os participantes foram esclarecidos do objectivo e finalidade do estudo em causa e concordaram fazer parte do mesmo.

Indivíduos:

N=25

Idade média=53,72 (45 até 66 anos de idade)

Distribuição segundo o sexo : Feminino=12

Masculino=13

Média da correcção óptica para longe : + 1,54esf (0,25 até 7,5esf)

- 1,75esf (0,25 até 3,25esf)

- 0,97cil (0,25até 2,75cil)

Média da adição = 2,24D (1 até 3,25D)

Critérios de inclusão :

AV \geq 8/10 em cada olho com a Rx actualizada

Critérios de exclusão :

Condição sistémica que influencie a AV (ex: diabetes)

Tratamento/medicação que influencie a AV

AV<8/10 num dos olhos

4. Resultados

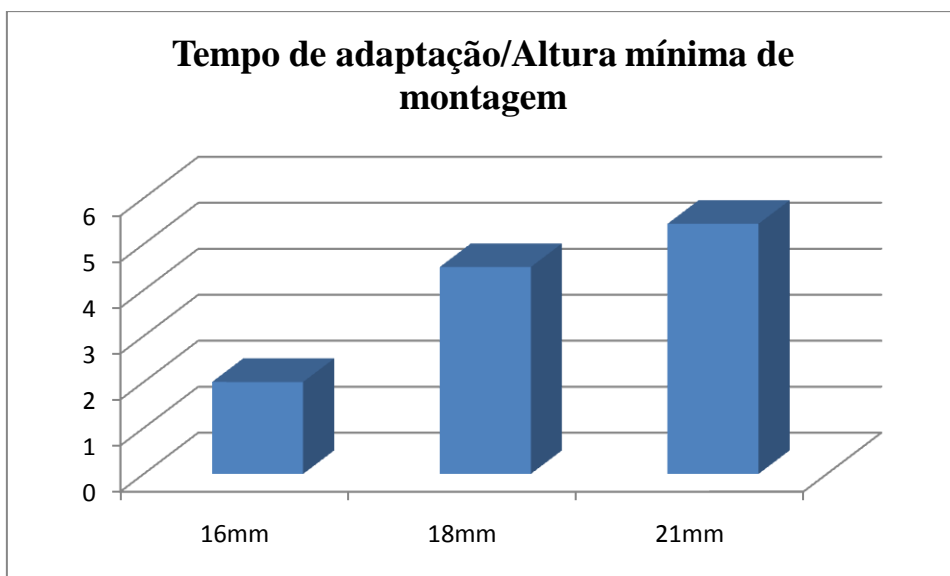


Figura 4.1 Tempo de adaptação (dias) relacionado com a altura mínima de montagem (milímetros) de cada lente.

Deste gráfico pode-se concluir que a adaptação às lentes progressivas foi mais rápida em alturas de montagem mais pequenas com um tempo de adaptação de 2 dias. Esta deve-se provavelmente ao factor estético, pois as pessoas que usam lentes com um corredor mínimo de montagem mais curto, dão grande importância à estética o que predispõe a uma adaptação mais rápida. Para alturas de 18mm e 21mm, o tempo de adaptação foi de 4,5 e 5,4 respectivamente.

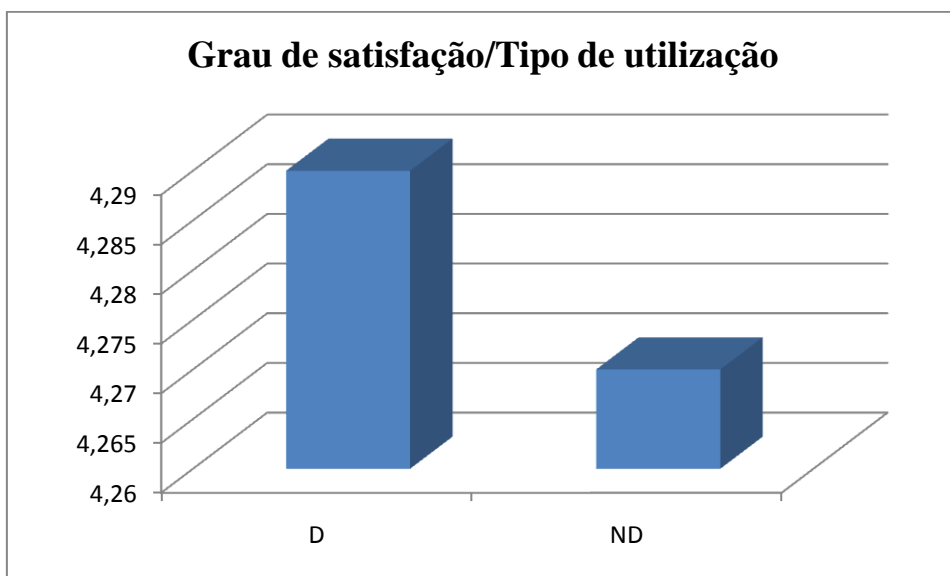


Figura 4.2 Relação entre o grau de satisfação geral que cada usuário tem sobre cada lente, e o tipo de utilização, ou seja se o usuário é dinâmico (D) ou não dinâmico (ND).

Neste gráfico pode-se concluir que os pacientes cuja utilização é mais dinâmica, ou seja utilizam uma maior parte da lente e em situações mais activas estão mais satisfeitos, com um grau de satisfação de 4,29. Isto é devido ao facto destes pacientes apresentarem uma maior necessidade de uma lente progressiva, pois o seu estilo de vida não se coaduna com a correcção com lentes unificais que no caso dos presbitas são muito mais limitativas no que diz respeito à mudança de foco. Outra utilização mas de forma inversa, é a maior necessidade de uma focagem nítida por um maior período de tempo e numa maior área de lente, para os utilizadores menos dinâmicos, como é o caso de um empregado de escritório cuja principal distância focal que utiliza é o perto, que no caso

da lente progressiva tem uma área de visão muito mais reduzida quando comparada com uma lente unifocal. Verifica-se que estes têm um grau de satisfação menor de cerca de 4,27, não sendo no entanto uma diferença significativa devido ao número baixo de inquiridos.

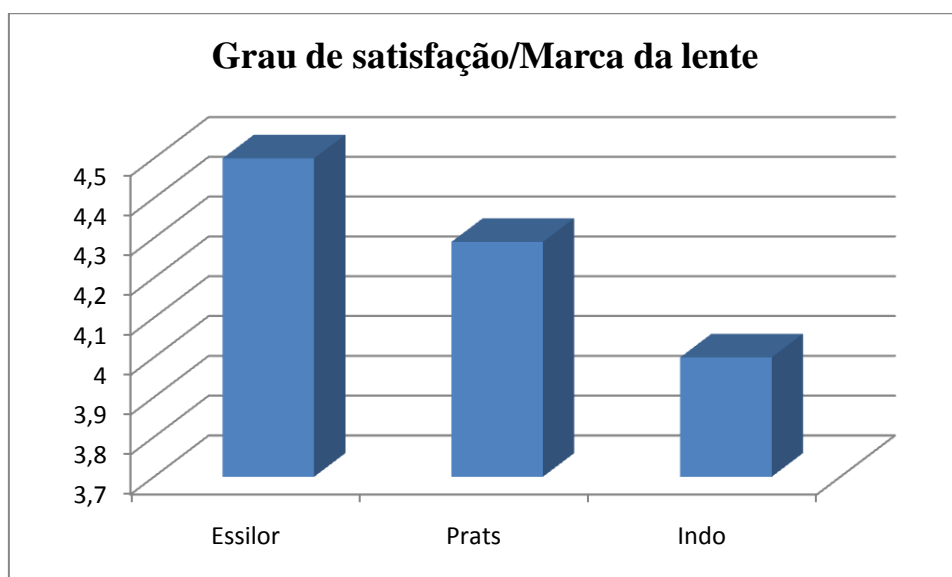


Figura 4.3 Grau de satisfação geral em relação a cada marca de lente utilizada.

De acordo com os resultados obtidos, existe uma maior satisfação para as lentes progressivas da Essilor relativamente às outras marcas, com uma satisfação de 4,5. Deve-se ter em conta que as outras marcas também têm um elevado grau de satisfação, de 4,29 para a Prats e 4 para a Indo. Tendo em conta que as lentes utilizadas são de tecnologia free-form, era de esperar este elevado valor de satisfação.

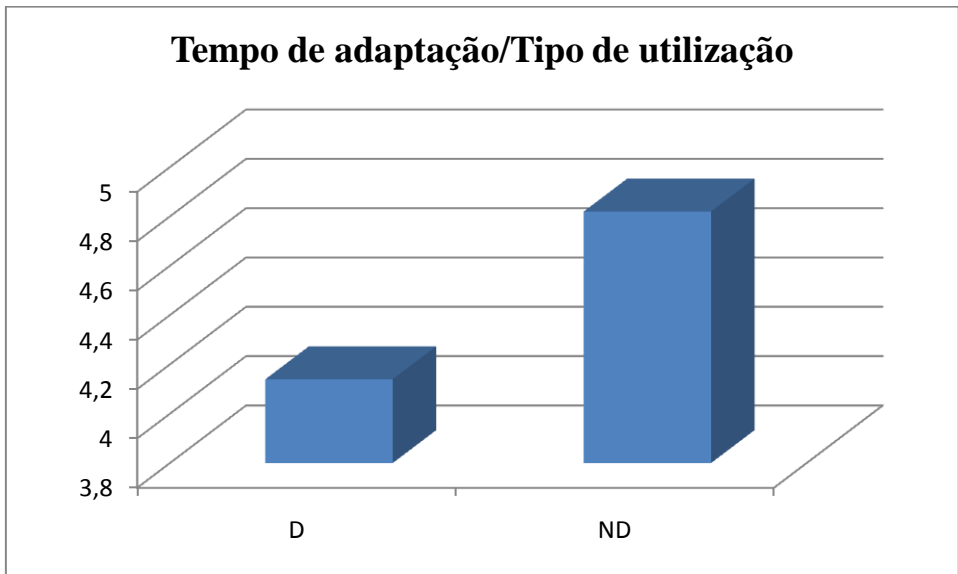


Figura 4.4 Tempo de adaptação (dias) do usuário à lente, comparando com o tipo de utilização dinâmica (D) e não dinâmica (ND).

Relacionando os resultados deste gráfico com o gráfico do grau de satisfação/tipo de utilização, verifica-se uma equidade. Os usuários que têm uma utilização das lentes pouco dinâmica demoram mais tempo a adaptarem-se às suas novas lentes (tempo de adaptação de 4,82 dias), logo a satisfação é menor em relação aos usuários com uma utilização dinâmica, como verificado em resultados anteriores.

Os usuários com uma utilização dinâmica demoraram cerca de 4,14 dias para se adaptarem.

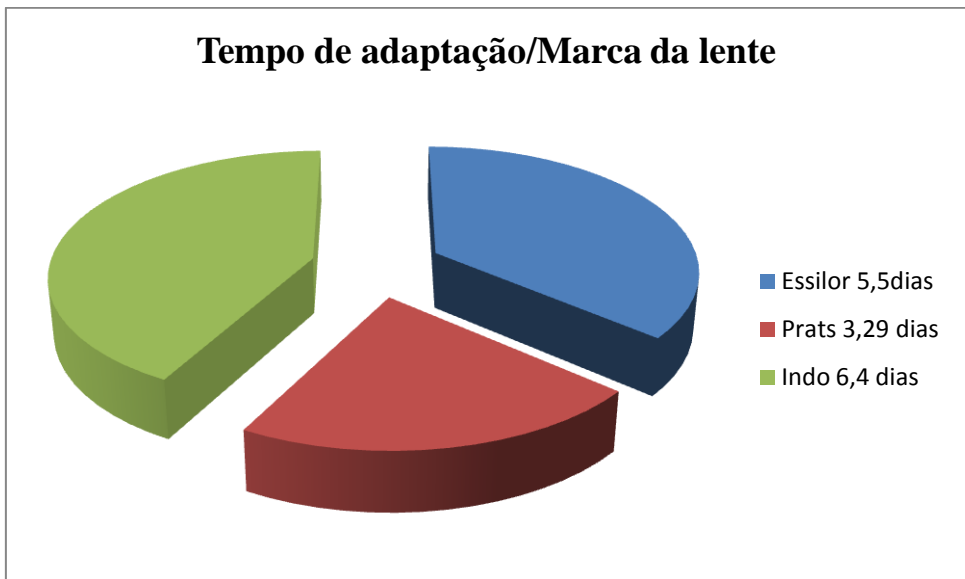


Figura 4.5 Tempo de adaptação (dias) relacionado com a marca da lente.

Analisando os resultados deste gráfico pode-se concluir que para a marca de lentes Indo a média do tempo de adaptação às lentes progressivas é maior (6,4 dias) em relação às outras duas marcas, seguindo-se a Essilor com 5,5 dias e por fim a Prats com 3.29 dias. Estes resultados divergem em relação ao grau de satisfação, pois seria de esperar que a lente com maior grau de satisfação tivesse um menor tempo de adaptação. Pode-se concluir então que os usuários não relacionam o grau de satisfação com o tempo de adaptação.

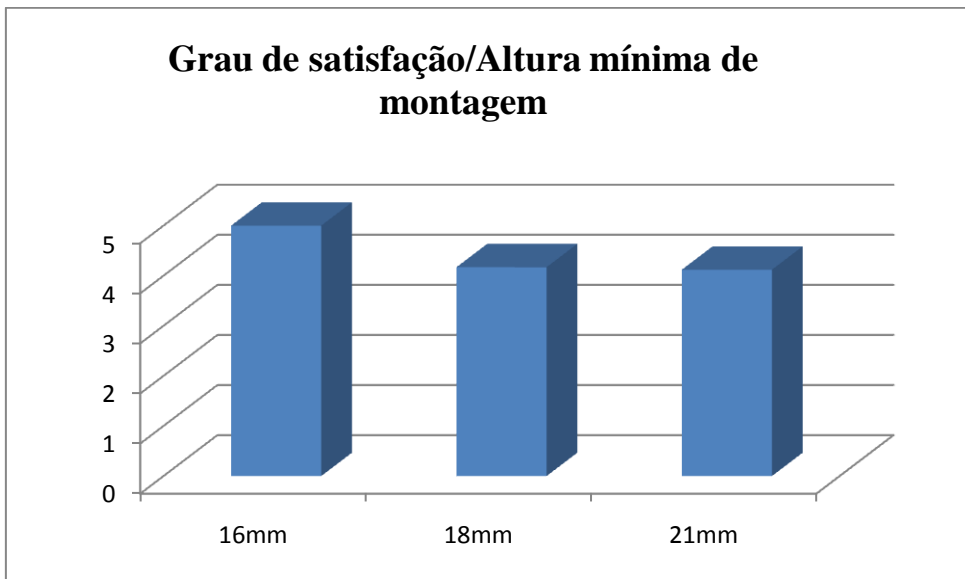


Figura 4.6 Grau de satisfação geral para cada lente, relacionando com a altura de montagem (mm) das lentes para cada usuário.

Em análise com a figura 4.1, verifica-se uma congruência entre o grau de satisfação e o tempo de adaptação, ou seja, existe uma adaptação mais rápida e mais satisfatória (grau de satisfação de 5) para alturas de montagem mais baixas, enquanto que para as alturas 18mm e 21mm o grau de satisfação foi de 4,17 e 4,12 respectivamente.

Também se pode concluir que o design de lentes free-form tem uma boa resposta para alturas mínimas baixas/armações pequenas.

5. Conclusão

Neste estudo verifica-se que os valores da amostra nem sempre são simétricos, pois o número de inquiridos é relativamente baixo, havendo assim uma grande necessidade de novos estudos nesta área.

Existem diferenças ópticas entre as lentes de diferentes fabricantes que contemplam o tamanho das zonas de visão da superfície da lente, a quantidade e disposição de efeitos prismáticos e astigmáticos, as alturas mínimas de montagem. Porém é muito difícil estabelecer uma relação formal entre o cálculo das características das lentes e a satisfação dos utilizadores. É então necessário estudar essa relação, realizando estudos que contemplem várias marcas de lentes para a mesma gama de lente.

Este estudo contesta uma ideia preconcebida relativamente ao progressivo com uma altura ideal de montagem, pois as lentes com uma altura mínima de montagem 16mm têm tendência a ser preteridas às de alturas mínimas de montagem de 18mm ou 21mm.

Pode-se tirar também conclusões relativamente à influência da marca no grau de satisfação geral do paciente, verificando-se com maior importância a Essilor.

Verificou-se também que o tempo de adaptação não está directamente relacionado com o grau de satisfação, estando este mais ligado à marca e ao tipo de armação utilizado (altura mínima de montagem), o que poderá indicar que a confiança na marca e a estética são factores de grande importância para o usuário.

6. Considerações finais e sugestões de trabalho futuro

As perspectivas futuras são várias, uma vez que muito está por estudar e compreender, para melhorar a adaptação às lentes progressivas.

No que diz respeito às aberrações, deverão ser maior alvo de estudo para melhorar as suas combinações. Como o controlo das aberrações é feito através do cálculo das superfícies, será o aperfeiçoamento desta técnica o futuro das lentes progressivas. Também existe um crescimento de novos aberrómetros permitindo uma melhor investigação nesta área, pois nem todas as aberrações têm o mesmo impacto na percepção visual.

A função dos Optometristas é o constante conhecimento de novos designs que possam aparecer seja em termos da geometria seja em termos de adaptação, porque como se verificou neste estudo, um parâmetro não implica propriamente o outro.

A maioria dos estudos que existem comparam lentes da mesma marca, e com a crescente oferta de marcas é importante saber as diferenças entre as várias marcas, para podermos também clarificar os pacientes e oferecer a solução mais adequada, sendo então importante haver estudos neste sentido.

7. Referências Bibliográficas

- [1] Ferraz, Caroline A.; Allemann, N. ; Técnicas cirúrgicas para correção da presbiopia em pacientes fáquicos. Arquivo Brasileiro de Oftalmologia. 2004, 67, 559-62.
- [2] Lang, Gerhard K.; Oftalmologia texto y atlas en color, 2ªedição. 2006.
- [3] www.visionsource.sheridaneyecare.com , acessado a 7-06-2010.
- [4] Mogo, S.; Optometria I Apontamentos versão 2 S.A.. Universidade da Beira Interior. 2001, 429-433;.
- [5] Black, A.; Realizing the potential of Progressive Lenses. Review of Optometry. 2003,140, 12, 31-34.
- [6] Pavillon, Michel; Las lentes bifocals y el no présbitas; coleccion:Optometria de la conducta – Acessado na biblioteca principal da Universidade da Beira Interior.
- [7] www.zeiss.com, acessado a 10-04-2010.
- [8] Informação cedida pela Essilor.
- [9] Meister, Darryl J.; Fisher, Scott W.; Progress in the spectacle correction of presbiopia Part 1:Design and development of progressive lenses. Clinical and experimental optometry.2008, 91, 240-250.
- [10] K.G., Wakefield; Bennet´s ophthalmic prescription work 3th edition. 1994, 177-212.

- [11] Araújo, M.; Monte, F.; Lentes Progressivas x Lentes Multifocais- Estudo Baseado na Geometria Analítica do cone. Arquivo Brasileiro de Oftalmologia. 2004, 67, 393-5.
- [12] Informação cedida pela Prats.
- [13] www.eyemdny.com, acessado a 22-05-2010
- [14] Ostrom, Kristina; Review of ophthalmology. 2005, 12, 12, 84-85.
- [15] Gennaro, Arthur; Advances in free-form lens technology (and what they promise for you). Optometry times. 2010.
- [16] Meister, Darryl J.; Fisher, Scott W.; Progress in the spectacle correction of presbiopia Part 2: Modern progressive lens technologies. Clin. Exp. Optom. 2008, 91, 3, 251-264.
- [17] www.opticampus.com, acessado a 3-05-2010
- [18] Brooks, Clifford W.; Borish, Irvin M.; system for ophthalmic dispensing 2th edition. 1996, 320-321, 460-463.
- [19] Monte, Fernando; Filho, Cleanto; Proposta para uma visão clínica das lentes progressivas. Rev. Bras. Oftalmol. 2008, 67, 2.
- [20] Frentes de onda e limites da visão humana Parte 1-Fundamentos. Arq. Bras. Oftalmol. 2002, 65, 6.
- [21] Walker, II, Phernell, C.; Putting the progress in progressive lenses. Ophthalmology times. 2006, 31, 12-14.
- [22] www.clspectrum.com, acessado a 13-05-2010.

- [23] Villegas, E. A.; Artal, P.; Visual acuity and optical parameters in progressive power lenses. *Optom. Vis. Sci.* 2006, 83, 672-681.
- [24] Khan, Y. Ali; Multifocals: Yesterday, today and tomorrow-Part 2. Academy for ophthalmic education. 2007.
- [25] MCarthy, Paul; Progressive power lenses Part 1: Avoiding patient non tolerance. *Optometry today.* 2006.
- [26] Horgen, Gunnar; Aarås, Arne; Fagerthun, Hans; Larsen, Stig; Is there a reduction in postural load when wearing progressive lenses during VDT work over a three month period. *Applied Ergonomics.* 1995,26, 165-171.

8. Anexos

8.1 Tratamento de erros

Variância:

$$Sn^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2$$

Desvio Padrão:

$$Sn = \sqrt{sn^2}$$

Sabendo que para que a distribuição dos valores da amostra seja razoavelmente simétrica é necessário que:

- O intervalo $(\bar{x} - S_n; \bar{x} + S_n)$ contenha aproximadamente 68% dos elementos da amostra.
- O intervalo $(\bar{x} - 2S_n; \bar{x} + 2S_n)$ contenha aproximadamente 95% dos elementos da amostra.

Tempo de adaptação/Altura mínima de montagem

Tabela 1.3 Tempo de adaptação em dias relacionado com a altura de montagem, em milímetros, de cada lente.

Altura de montagem	16mm	18mm	21mm
	3	5	5
	1	10	1
	1	3	3
	2	3	4
	3	2	10
Tempo de adaptação (dias)		3	6
		7	15
		7	3
		4	
		3	
		4	
	3		
Media do tempo adaptação	2,0	4,5	5,4

16mm $Sn^2 = 0.75$ $Sn = 0.87$

18mm $Sn^2 = 5.39$ $Sn = 2.31$

21mm $Sn^2 = 20.06$ $Sn = 4.48$

16mm:

- Intervalo($\bar{x} - S_n; \bar{x} + S_n$) ; $(2.00 - 0.87; 2.00 + 0.87) = (1.13; 2.87)$

- Intervalo($\bar{x} - 2S_n; \bar{x} + 2S_n$) ; $(2-1.74; 2+1.74) = (0.26; 3.74)$

- Intervalo de valores (1.00;3.00) 60.00% dos valores estão dentro do intervalo (1.13; 2.87) e 100% dentro do intervalo (0.26;3.74)

18mm:

- Intervalo($\bar{x} - S_n; \bar{x} + S_n$) ; (4.50 - 2.31; 4.50 + 2.31) = (2.19; 6.81)

- Intervalo($\bar{x} - 2S_n; \bar{x} + 2S_n$) ; (4.50-4.62;4.50+1.74)=(-0.12;9.12)

- Intervalo de valores (2.00;10.00) 66.67% dos valores estão dentro do intervalo (2.19; 6.81) e 91.67% dentro do intervalo (-0.12;9.12)

21mm:

- Intervalo($\bar{x} - S_n; \bar{x} + S_n$) ; (5.44 - 4.48; 5.44 + 4.48) = (0.96; 9.92)

- Intervalo($\bar{x} - 2S_n; \bar{x} + 2S_n$) ; (5.44-8.96;5.44+8.96)=(-3.52;14.40)

- Intervalo de valores (1.00;15.00) 75.00% dos valores estão dentro do intervalo (0.96; 9.92) e 87.50% dentro do intervalo (-3.52;14.40)

Grau de satisfação/Altura mínima de montagem

Tabela 1.4 Grau de satisfação geral para cada lente, relacionando com a altura de montagem das lentes para cada usuário.

Altura de montagem	16mm	18mm	21mm
	5	4	4
	5	5	5
	5	4	4
	5	3	4
	5	5	3
		4	4
Grau de satisfação		3	5
		5	4
		4	
		4	
		4	
		4	
Média do grau de satisfação	5,00	4,17	4,12

$$16\text{mm } S_n^2 = 0$$

$$S_n = 0$$

$$18\text{mm } S_n^2 = 0.45$$

$$S_n = 0.67$$

$$21\text{mm } S_n^2 = 0.41$$

$$S_n = 0.64$$

16mm:

$$- \text{Intervalo}(\bar{x} - S_n; \bar{x} + S_n) ; (5.00 - 0.00; 5.00 + 0.00) = (5.00; 5.00)$$

- Intervalo($\bar{x} - 2S_n; \bar{x} + 2S_n$) ; (5.00-0.00;5.00+0.00)=(5.00;5.00)

- Intervalo de valores (5.00;5.00) 100.00% dos valores estão dentro do intervalo (5.00; 5.00) e 100.00% dentro do intervalo (5.00;5.00)

18mm:

- Intervalo($\bar{x} - S_n; \bar{x} + S_n$) ; (4.17 - 0.67; 4.17 + 0.67) = (3.50; 4.84)

- Intervalo($\bar{x} - 2S_n; \bar{x} + 2S_n$) ; (4.17-1.34;4.17+1.34)=(2.83;5.51)

- Intervalo de valores (3.00;5.00) 58.33% dos valores estão dentro do intervalo (3.50; 4.84) e 100.00% dentro do intervalo (2.83;5.51)

21mm:

- Intervalo($\bar{x} - S_n; \bar{x} + S_n$) ; (4.12 - 0.64; 4.12 + 0.64) = (3.48; 4.76)

- Intervalo($\bar{x} - 2S_n; \bar{x} + 2S_n$) ; (4.12-1.28;4.12+1.28)=(2.84;5.40)

- Intervalo de valores (3.00;5.00) 58.33% dos valores estão dentro do intervalo (3.48; 4.76) e 100.00% dentro do intervalo (2.84;5.40)

Tempo de adaptação/Marca de lente

Tabela 1.5 Tempo de adaptação relacionado com a marca da lente.

Marca da lente	Essilor	Prats	Indo
	3	7	10
	1	3	5
	5	3	4
	3	3	10
	15	2	3
	6	1	
Tempo de adaptação (dias)		1	
		2	
		7	
		3	
		4	
		4	
		3	
		3	
		3	
		3	
Media do tempo Adaptação	5,50	3,29	6,40

ESSILOR $Sn^2 = 24.7$

$Sn = 4.97$

PRATS $Sn^2 = 3.30$

$Sn = 1.82$

INDO $Sn^2 = 11.30$

$Sn = 3.36$

ESSILOR:

-Intervalo($\bar{x} - S_n; \bar{x} + S_n$) ; $(5.50 - 4.97; 5.50 + 4.97) = (0.53; 10.47)$

- Intervalo($\bar{x} - 2S_n; \bar{x} + 2S_n$) ; (5.50-9.94;5.50+9.94)= (-4.44;15.44)

- Intervalo de valores (1.00;15.00)83.33% dos valores estão dentro do intervalo(0.53; 10.47) e 100.00% dentro do intervalo (-4.44;15.44).

PRATS:

- Intervalo($\bar{x} - S_n; \bar{x} + S_n$) ; (3.29 - 1.82; 3.29 + 1.82) = (1.47; 5.11)

- Intervalo($\bar{x} - 2S_n; \bar{x} + 2S_n$) ; (3.29-3.64;3.29+3.64)= (-0.35;6.93)

- Intervalo de valores (1.00;7.00) 71.43% dos valores estão dentro do intervalo (1.47; 5.11) e 85.71% dentro do intervalo (-0.35;6.93).

INDO:

- Intervalo($\bar{x} - S_n; \bar{x} + S_n$) ; (6.40 - 3.36; 6.40 + 3.36) = (3.04; 9.76)

- Intervalo($\bar{x} - 2S_n; \bar{x} + 2S_n$) ; (6.40-6.72;6.40+6.72)= (-0.32;13.12)

- Intervalo de valores (3.00;10.00) 80.00% dos valores estão dentro do intervalo (3.04; 9.76) e 100.00% dentro do intervalo (-0.32;13.12).

ESSILOR:

- Intervalo($\bar{x} - S_n; \bar{x} + S_n$) ; $(4.50 - 0.50; 4.50 + 0.50) = (4.00; 5.00)$
- Intervalo($\bar{x} - 2S_n; \bar{x} + 2S_n$) ; $(4.50-1.00;4.50+1.00)= (3.50;5.50)$
- Intervalo de valores (4.00; 5.00) 100.00% dos valores estão dentro do intervalo(4.00; 5.00) e 100.00% dentro do intervalo (3.50;5.50).

PRATS:

- Intervalo($\bar{x} - S_n; \bar{x} + S_n$) ; $(4.29 - 0.72; 4.29 + 0.72) = (3.57; 5.01)$
- Intervalo($\bar{x} - 2S_n; \bar{x} + 2S_n$) ; $(4.29-1.44;4.29+1.44)= (2.85;5.73)$
- Intervalo de valores (3.00;5.00) 85.71% dos valores estão dentro do intervalo (3.57; 5.01) e 85.71% dentro do intervalo (2.85;5.73).

INDO:

- Intervalo($\bar{x} - S_n; \bar{x} + S_n$) ; $(4.00 - 0.71; 4.00 + 0.71) = (3.29; 4.71)$
- Intervalo($\bar{x} - 2S_n; \bar{x} + 2S_n$) ; $(4.00-1.42;4.00+1.42)= (2.58;5.42)$
- Intervalo de valores (3.00;5.00) 60.00% dos valores estão dentro do intervalo (3.29; 4.71) e 100.00% dentro do intervalo (2.58;5.42).

Grau de satisfação/Tipo de utilização

Tabela 1.7 Relação entre o grau de satisfação geral que cada usuário tem sobre cada lente, e o tipo de utilização, ou seja se o usuário é dinâmico ou não.

Tipo de utilização	Dinâmico	Não dinâmico
	5	4
	5	4
	4	3
	3	5
	5	4
	5	5
	4	5
Grau de satisfação	4	5
	4	4
	3	4
	4	4
	5	
	4	
	5	
Média do grau de satisfação	4,29	4,27

$$\mathbf{D} \quad S_n^2 = 0.49$$

$$S_n = 0.70$$

$$\mathbf{ND} \quad S_n^2 = 0.41$$

$$S_n = 0.64$$

D:

- Intervalo($\bar{x} - S_n; \bar{x} + S_n$) ; $(4.29 - 0.70; 4.29 + 0.70) = (3.59; 4.99)$
- Intervalo($\bar{x} - 2S_n; \bar{x} + 2S_n$) ; $(4.29-1.40;4.29+1.40)=(2.89;5.69)$
- Intervalo de valores (3.00;5.00) 42.87% dos valores estão dentro do intervalo (3.59; 4.99) e 100.00% dentro do intervalo (2.89;5.69).

ND:

- Intervalo($\bar{x} - S_n; \bar{x} + S_n$) ; $(4.27 - 0.64; 4.27 + 0.64) = (3.63; 4.91)$
- Intervalo($\bar{x} - 2S_n; \bar{x} + 2S_n$) ; $(4.27-1.28;4.27+1.28)=(2.99;5.55)$
- Intervalo de valores (3.00;5.00) 54.54% dos valores estão dentro do intervalo (3.63; 4.91) e 100.00% dentro do intervalo (2.99;5.55).

Tempo de adaptação/Tipo de utilização

Tabela 1.8 Tempo de adaptação do usuário à lente, comparando com o tipo de utilização.

Tipo de utilização	Dinâmico	Não dinâmico
	3	5
	1	4
	5	10
	3	15
	10	3
Tempo de adaptação (dias)	7	2
	3	1
	6	2
	3	4
	1	3
	3	4
	3	
	7	
	3	
Média grau satisfação	4,14	4,82

$$D Sn^2 = 6.34 \quad Sn = 2.52$$

$$ND Sn^2 = 16.90 \quad Sn = 4.11$$

D:

- Intervalo($\bar{x} - S_n; \bar{x} + S_n$) ; $(4.14 - 2.52; 4.14 + 2.52) = (1.62; 6.66)$
- Intervalo($\bar{x} - 2S_n; \bar{x} + 2S_n$) ; $(4.14-5.04;4.14+5.04)=(-0.90;9.18)$
- Intervalo de valores (1.00;10.00) 64.28% dos valores estão dentro do intervalo (1.62; 6.66) e 92.86% dentro do intervalo (-0.90;9.18).

ND:

- Intervalo($\bar{x} - S_n; \bar{x} + S_n$) ; $(4.82 - 4.11; 4.82 + 4.11) = (0.71; 8.93)$
- Intervalo($\bar{x} - 2S_n; \bar{x} + 2S_n$) ; $(4.82-8.22;4.82+8.22)=(-3.40;13.04)$
- Intervalo de valores (1.00;15.00) 81.82% dos valores estão dentro do intervalo (0.71; 8.93) e 90.91% dentro do intervalo (-3.40;13.04).

8.2 Questionário

Estudo : Uso de lentes progressivas free-form

1.Dados pessoais

1.1 Sexo:

- F
- M

1.2 Idade

1.3 Profissão

2. Novas lentes a adaptar

2.1 Marca/Tipo de lente/Altura da montagem

2.2 Graduação das lentes e respectiva acuidade visual:

OD:

AV:

ADD:

AVB:

OE:

AV:

2.3 O período de adaptação às novas lentes foi de :

_____dias

2.4 Notou alguma melhoria na qualidade de vida do seu quotidiano:

- Não
- Sim
- Sim, muito

2.5 Se respondeu que não, é devido a:

- visão ao longe insatisfatória
- visão ao intermédio insatisfatória
- visão ao perto insatisfatória
- desconforto visual

2.6 Em que situação sentiu maior dificuldade de adaptação às suas lentes progressivas:

- Longe – perto - longe
- Utilização do perto
- Utilização do intermédio
- Utilização do longe

2.7 A opção da marca/tipo de lente, foi em função de:

- o produto de máxima qualidade
- o Estética
- o Estatuto da marca
- o Marca com preço médio - alto
- o Produto com boa relação qualidade - preço

2.8 Grau de satisfação geral de 1 a 5: