

**Estudo comparativo da mudança das aberrações de alta ordem após capsulotomia Nd:YAG laser em pacientes com diferentes graus de opacificação de cápsula posterior**

**Comparative study of the change in high-order aberrations after Nd: YAG laser capsulotomy in patients with different degrees of posterior capsule opacification**

**Estudio comparativo del cambio de aberraciones de alto orden tras la capsulotomía con láser Nd: YAG en pacientes con diferentes grados de opacificación de la cápsula posterior**

Recebido: 16/10/2020 | Revisado: 24/10/2020 | Aceito: 26/10/2020 | Publicado: 28/10/2020

**Odenilson José da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9040-5850>

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil

E-mail: [odenilsonjsilva@gmail.com](mailto:odenilsonjsilva@gmail.com)

**Heloisa Miura**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7198-2281>

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil

E-mail: [heloisa.miura@unemat.br](mailto:heloisa.miura@unemat.br)

**Vilson Rosa de Almeida**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9077-2941>

Universidade Brasil, Brasil

E-mail: [vilson.almeida@universidadebrasil.edu.br](mailto:vilson.almeida@universidadebrasil.edu.br)

## **Resumo**

**Objetivo:** Avaliar o efeito da capsulotomia posterior por Nd:YAG laser em olhos pseudofácicos nas aberrações de alta ordem, totais e internas, nos diferentes graus de opacificação de cápsula posterior. **Método:** Estudo clínico experimental, prospectivo de coorte longitudinal. Foram incluídos no estudo pacientes que haviam sido submetidos à cirurgia de catarata (com implante de lentes esféricas) e apresentassem algum grau de opacificação de cápsula posterior (OCP). As aberrações de alta ordem foram mensuradas pelo aberrômetro OPD III Nidek antes e 15 dias após capsulotomia posterior por Nd:YAG laser. Os valores médios das aberrações totais e internas – esférica, coma e trifólio – pré e pós capsulotomia foram comparadas no total e subdividida entre os graus de OPC. **Resultados:** Ao todo, 64

olhos foram incluídos. Foi encontrada uma redução estatisticamente significativa em todas as aberrações totais em internas após a capsulotomia. Para as aberrações totais, no grau I, houve redução estatisticamente significativa nas aberrações trifólio, no grau II esféricas, grau III esféricas, coma e trifólio e grau IV coma e trifólio. Para as aberrações internas, no grau I coma e trifólio, grau II coma, grau III e IV coma e trifólio. Conclusão: Foi demonstrado que esse procedimento implica em uma redução estatisticamente significativa nas aberrações de alta ordem, tanto internas quanto totais.

**Palavras-chave:** Aberrações de alta ordem; Capsulotomia; Nd:YAG laser; Opacificação de cápsula posterior.

### **Abstract**

**Objective:** To evaluate the effect of posterior Nd: YAG laser capsulotomy on pseudophakic eyes in high-order, total and internal aberrations, in different degrees of posterior capsule opacification. **Method:** Experimental, prospective clinical study of a longitudinal cohort. The study included patients who had undergone cataract surgery (with spherical lens implantation) and had some degree of posterior capsule opacification (OCP). High-order aberrations were measured by the Nidek OPD III aberrometer before and 15 days after posterior Nd: YAG laser capsulotomy. The mean values of total and internal aberrations - spherical, coma and trefoil - pre and post capsulotomy were compared in total and subdivided between degrees of OPC. **Results:** In all, 64 eyes were included. A statistically significant reduction was found in all total in-house aberrations after capsulotomy. For total aberrations, in grade I, there was a statistically significant reduction in trefoil aberrations, in grade II spherical, grade III spherical, coma and trefoil and grade IV coma and trefoil. For internal aberrations, grade I coma and trefoil, grade II coma, grade III and IV coma and trefoil. **Conclusion:** It has been shown that this procedure implies a statistically significant reduction in high order aberrations, both internal and total.

**Keywords:** Higher-order aberrations; Capsulotomy; Nd:YAG laser; Posterior capsule opacification.

### **Resumen**

**Objetivo:** Evaluar el efecto de la capsulotomía posterior con láser Nd: YAG en ojos pseudofáquicos en aberraciones de alto orden, totales e internas, en diferentes grados de opacificación de la cápsula posterior. **Método:** Estudio clínico experimental y prospectivo de una cohorte longitudinal. El estudio incluyó a pacientes que se habían sometido a una cirugía

de cataratas (con implante de lente esférica) y tenían algún grado de opacificación de la cápsula posterior (OCP). Las aberraciones de alto orden se midieron con el aberrómetro Nidek OPD III antes y 15 días después de la capsulotomía posterior con láser Nd: YAG. Los valores medios de las aberraciones totales e internas (esféricas, coma y trébol) antes y después de la capsulotomía se compararon en total y se subdividieron en grados de OPC. Resultados: Se incluyeron 64 ojos en total. Se encontró una reducción estadísticamente significativa en todas las aberraciones internas totales después de la capsulotomía. Para las aberraciones totales, en el grado I, hubo una reducción estadísticamente significativa en las aberraciones del trébol, en el grado II esférico, grado III esférico, coma y trébol y grado IV coma y trébol. Para aberraciones internas, coma y trébol de grado I, coma de grado II, coma y trébol de grado III y IV. Conclusión: Se ha demostrado que este procedimiento implica una reducción estadísticamente significativa de las aberraciones de alto orden, tanto internas como totales.

**Palabras clave:** Aberraciones de alto orden; Capsulotomía; Láser Nd:YAG; Opacificación de la cápsula posterior.

## 1. Introdução

A opacificação de cápsula posterior (OCP) é uma das complicações mais comuns após cirurgia de catarata bem sucedida (Sato, 2012). Embora sua frequência varie amplamente, uma metanálise sobre o tema relatou uma taxa de incidência de 25% em olhos submetidos à cirurgia extra-capsular de catarata dentro de 5 anos após cirurgia (Schaumberg et al., 1998). A OPC ocorre quando as células epiteliais restantes do saco capsular do cristalino se proliferam e migram para o eixo visual. As células se contraem, o que resulta na formação de diversas rugas finas e a formação de tecido fibrótico na cápsula posterior (Sharma et al., 2016).

Como consequência desse processo, a OCP pode tanto diminuir a acuidade visual, como afetar vários aspectos da função visual, como por exemplo, a sensibilidade ao contraste, a acuidade visual funcional, deficiência de brilho, a visão em cores e a visão estereoscópica (Hayashi et al., 2003; Menon et al., 2009; Wakamatsu et al., 2011). Nos casos de OCP sintomática, há indicação de capsulotomia posterior com Nd:YAG laser, uma técnica tida atualmente como eficaz e segura (Coelho et al., 2017). O Nd:YAG Laser é um laser do estado sólido, com um comprimento de onda de 1064 nm que provoca a ruptura dos tecidos oculares por meio da realização de um pulso curto de alta potência, que resulta em ionização, ou formação de plasma do tecido ocular. Estudos anteriores relataram que a acuidade visual, a

sensibilidade ao contraste e ao brilho melhoram significativamente após este procedimento (Rozema et al., 2009; Yotsukura et al., 2016).

A análise do sensoriamento por frente de onda, que se desenvolveu nos últimos anos, proporcionou um maior conhecimento sobre a qualidade óptica do olho. Essa tecnologia estabeleceu um novo padrão para medir o estado refrativo de todo o caminho óptico e visual, incluindo as aberrações causadas pelo filme lacrimal, pela córnea anterior, posterior, cristalino e retina (Levy et al., 2009). Essas aberrações podem ser divididas segundo os polinômios de Zernike em aberrações de alta e baixa ordem (Karahhan et al., 2014). Diversos estudos avaliaram mudanças nas aberrações de frentes de onda após a realização de procedimentos refrativos. Apesar disso, avaliação do efeito da capsulotomia posterior por Nd:YAG laser nas aberrações de alta ordem só começaram a ser realizadas a partir de 2009.

O estudo de Levy et al. (2009) e de Rozema et al. (2007) estão entre os primeiros a avaliar esse efeito, foi descrito pelos autores uma redução significativa das aberrações de alta ordem após capsulotomia por Nd:YAG laser, o que pode ser responsável por uma melhor qualidade óptica após o procedimento (Levy et al., 2009; Rozema, 2007). Apesar dos avanços significativos sobre o tema após esses estudos, não são encontrados na literatura pesquisas que avaliem a modificação das aberrações em cada grau de opacificação da cápsula posterior. Tendo isso em vista, o objetivo do presente estudo é avaliar o efeito da capsulotomia posterior por Nd:YAG laser em olhos pseudofácicos nas aberrações de alta ordem, totais e internas, nos diferentes graus de opacificação de cápsula posterior.

## **2. Método**

### ***Tipo de Estudo***

Trata-se de um estudo clínico experimental prospectivo, de corte longitudinal. Realizado em um hospital oftalmológico referência no atendimento de pacientes com catarata, entre dezembro de 2019 a julho de 2020. O estudo aderiu aos princípios da Declaração de Helsinki, o qual só foi realizado após submissão e aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Brasil, segundo parecer no. 3.732.939.

### ***Critérios de Inclusão e Exclusão***

Foram incluídos no estudo pacientes submetidos a cirurgia de catarata que atendessem aos seguintes critérios: Implante de lente intraocular esférica, que tivessem opacificação de

cápsula posterior graus I, II, III ou IV, com lentes oculares centralizadas e que tivessem realizado capsulotomia anterior acima de 4mm.

Foram excluídos pacientes com doenças oculares prévias (glaucoma, lesões vítreas e retina) ou aqueles com alterações pupilares, bem como pacientes com lentes intraoculares multifocais e esféricas.

### ***Materiais***

Foi utilizado o aberrômetro OPD III Nidek para avaliação das aberrações e para capsulotomia foi utilizado o Nd:YAG laser Cal Zeiss Meditec Ag LSL YAG III, que fornece 0,2 mJ de energia para cápsula posterior, sendo um diâmetro de 4,5 a 5,0 mm. Para capsulotomia foram utilizados 15 a 30 pulsos de laser de rajada única.

### ***Procedimentos***

Inicialmente foi obtido o grau de Opacificação de cápsula posterior, através do exame oftalmológico, realizado por um mesmo examinador, através aparelho lâmpada de fenda com técnica de biomicroscopia, após dilatação pupilar, avaliação da OCP foi realizada de forma subjetiva, haja vista que não existe outro método objetivo para tal avaliação, e também foi realizada através da lâmpada de fenda com retroiluminação, onde foi dado uma escala de intensidade de opacificação Foram utilizados os critérios atribuídos por uma escala de grandeza de acordo com o grau de opacificação descrito por Medeiros et al. (2006) e apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Escala de Grandeza de Opacificação de Cápsula Posterior.

<b>Classificação</b>	<b>Grau</b>	<b>Interferência na Acuidade Visual (AV)</b>
0	Ausente	Nenhuma interferência
I	Mínimo	Opacificação mínima, não havia interferência da AV.
II	Leve	Opacificação leve, com AV até 20/30.
III	Moderada	Opacificação moderada, com AV inferior a 20/30
IV	Grave	Opacificação grave, comprometimento substancial da AV.

Fonte: Adaptado de Medeiros et al. (2006).

Após classificação de gravidade da opacificação da cápsula posterior, foi realizado o exame de aberrometria. Posteriormente ao exame, o paciente foi submetido ao procedimento

de capsulotomia posterior a laser por Nd:YAG. Após 15 dias da realização do procedimento, o paciente realizou novamente o exame de aberrometria, sendo possível obter as comparações de parâmetros de aberrometria antes e após a capsulotomia a laser.

Os resultados da frente de onda foram exportados em um conjunto de 44 coeficientes de Zernike normalizados (6ª ordem) calculados sobre uma pupila de 5.0mm. Com tal exame foi possível avaliar três tipos de aberrações de alta ordem: aberração esférica, aberração coma, aberração trifólio e dentro dessas mensurar também suas aberrações totais e internas.

### ***Análise Estatística***

Os dados são descritos em frequências absolutas e relativas. As variáveis numéricas são apresentadas por sua média seguida de seu desvio padrão (DP).

Por se tratar de um estudo que compara as médias das aberrações dos mesmos sujeitos antes e após o procedimento, o primeiro step da análise estatística foi testar a normalidade das variáveis a partir do teste de Shapiro-Wilk. A hipótese nula ( $H^0$ ) do teste é de que os dados atendem a uma distribuição normal, deste modo, quando encontrado um valor de  $p < 0,05$  foi considerada utilização de testes não paramétricos para comparar as médias.

O teste de Wilcoxon para amostras pareadas foi utilizado para comparar as aberrações que não apresentavam distribuição normal. Para confirmar os achados do teste, os valores das aberrações foram convertidos em Log na base 10. Quando o Log das Aberrações eram normalmente distribuídos, foi procedida a comparação das médias do Log a partir do teste paramétrico T de Student para amostras pareadas.

Para quantificar a mudança no valor das aberrações antes e após o procedimento, os valores das aberrações pós capsulotomia por YAG laser foram divididos pelos pré capsulotomia. Quando o resultado estiver entre 0 e 0,999 entende-se que houve redução da aberração, pois  $Ab\text{-Pós} < Ab\text{-Pré}$ , e para valores maiores que 1, entende-se que houve um incremento da aberração, pois  $Ab\text{-Pós} > Ab\text{-Pré}$ .

As relações (pós e pré capsulotomia) de cada uma das aberrações (esféricas, coma e trifólio) foram comparada entre os grupos de graus de opacificação por uma ANOVA, para investigar se há maior ou menor benefício da capsulotomia por YAG laser para um grupo específico.

Todos os testes foram bilaterais e o valor de  $p < 0.05$  foi considerado estatisticamente significativo dentro de um intervalo de confiança de 95%. A análise estatística foi conduzida

pelo Software Statistical Package for Social Sciences (IBM SPSS Statistics for Windows, version 25.0.; IBM, Armonk, New York).

### *Cálculo Amostral*

Foi realizado o cálculo amostral para um estudo com grupos pareadas que pretendeu avaliar variáveis contínuas. Inicialmente, o objetivo dos autores foi realizar o cálculo amostral para cada grau de opacificação. No entanto, não foi encontrado nenhum estudo na literatura que descrevesse os valores das aberrações pré e pós capsulotomia com YAG laser separados por grau de opacificação. Dessa forma, utilizou-se para fins deste cálculo o estudo de Rozema et al. (2009) que demonstrou em uma população de 62 olhos a redução das aberrações de alta ordem como um todo, este foi o estudo de maior população encontrada na literatura (Rozema et al., 2009).

A diferença média das aberrações de alta ordem demonstrada pelo estudo foi de 0,138 (DP: 0,223). Foi considerado valor de  $\alpha = 0,05$  e o um coeficiente  $\beta = 0,20$ . O tamanho de efeito e o desvio padrão utilizados foram referentes ao estudo de Rozema et al (2009). O cálculo foi realizado como sugerido por Rosner (1995) para testes com amostras pareadas e é demonstrado a seguir:

$$\text{Desvio Padrão para } \alpha = Z_{\alpha} = 1.960$$

$$\text{Desvio padrão para } \beta = Z_{\beta} = 0.842$$

$$A = 1.000$$

$$B = (Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2 = 7.849$$

$$C = (E/S(\Delta))^2 = 0.383$$

$$AB/C = \mathbf{20.50}$$

O número de 21 casos pareados foi demonstrado como tamanho de amostra suficiente para estimar a diferença das aberrações de alta ordem. Acredita-se que a variação das aberrações pré e pós capsulotmia não sejam iguais nos diferentes graus de opacificação, por isso não é adequado sugerir exatamente um valor de 21 pacientes por cada grau de opacificação. Entretanto, se isso fosse proposto o tamanho amostral de 84 pacientes seria sugerido.

### **3. Resultados**

#### ***Descrição da Amostra***

Ao todo, foram incluídos 64 olhos pseudofácicos com opacificação de cápsula posterior. Dos 64 analisados, 14 apresentavam opacificação mínima, grau I, 18 opacificação leve, grau II, 19 opacificação moderada, grau III e 13 opacificação grave, grau IV.

#### ***Análise dos Valores das Aberrações***

Os valores das aberrações totais e internas - esféricas, coma e trifólio - antes e após o procedimento não apresentam distribuição normal, demonstrada pelo resultado do teste de Shapiro-Wilk. Além disso, os dados não apresentam homogeneidade de variância, o que impede a utilização de testes paramétricos na comparação entre as médias. Os valores das aberrações separadas pelos graus de opacificação de cápsula posterior também não apresentam distribuição normal. Optou-se, então, por transformar os valores de aberração em logaritmo (Log das Aberrações), após a transformação os dados atenderam a uma distribuição normal tornando possível a utilização de testes paramétricos para comparação das médias dos grupos, além da utilização do teste não paramétrico de Wilcoxon.

Os resultados são apresentados para o total de cada aberração e também separadas pelo grau de opacificação de cápsula posterior.

#### ***Comparação das Aberrações Totais***

Os valores pré e pós capsulotomia das aberrações totais dos tipos - esféricas, coma e trifólio – são apresentados na Tabela 2. A partir do teste de Wilcoxon, foi observada uma redução estatisticamente significativa em todos os tipos de aberrações após capsulotomia com YAG Laser.



**Tabela 1.** Valores das aberrações totais pré e pós capsulotomia por YAG laser, comparadas pelo teste de Wilcoxon.

Aberrações	Pré Capsulotomia			Pós Capsulotomia			Z	p
	Média (DP)	Mínimo	Máximo	Média (DP)	Mínimo	Máximo		
Esféricas	0,365 (0,624)	0,017	3,752	0,156 (0,232)	0,001	1,292	- 3,468	0,001*
Coma	0,589 (0,638)	0,024	2,455	0,306 (0,405)	0,024	2,472	-4,043	< 0,001*
Trifólio	0,856 (0,860)	0,123	5,079	0,454 (0,480)	0,089	2,358	-4,514	<0,001*

IC Intervalo de Confiança; \* Diferença Estatisticamente Significativa. Fonte: Autores.

Os valores das aberrações totais foram convertidas em Log e então foram comparadas pelo teste T de Student para amostras pareadas. Foi encontrada uma redução estatisticamente significativa após capsulotomia com YAG laser em todas as aberrações. A média das diferenças e o valor de *p* para a comparação realizada é apresentada na Tabela 3.

**Tabela 2.** Comparação da diferença entre o Log das aberrações antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser.

Log da Aberração	Diferença Entre as Médias	IC 95%		p
		Inferior	Superior	
Esférica	0,314	0,15584	0,47282	<0,001*
Coma	0,271	0,13525	0,40733	<0,001*
Trifólio	0,266	0,16931	0,36352	0,001*

IC Intervalo de Confiança; \* Diferença Estatisticamente Significativa. Fonte: Autores.

### **Comparação das Aberrações Totais pelo grau de opacificação**

Os valores médios das aberrações totais de olhos pseudofácicos pré e pós capsulotomia posterior por YAG Laser com seus respectivos desvios padrões separados pelo grau de opacificação de cápsula posterior e os valores mínimos e máximos encontrados são apresentados na Tabela 4. Essa tabela também sumariza a comparação das médias pelo teste de Wilcoxon, sendo apresentado o valor de Z e de *p*.

**Tabela 4.** Média das aberrações totais pré e pós capsulotomia de olhos com diferentes graus de opacificação comparadas pelo teste de Wilcoxon.

Opacificação	Capsulotomia		Z	p
	Pré	Pós		
<b>Grau I</b>				
Esférica	0,279	0,097	-1,601	0,109
Coma	0,439	0,167	-1,538	0,124
Trifólio	0,573	0,310	-2,668	0,008*
<b>Grau II</b>				
Esférica	0,453	0,175	-1,764	0,078
Coma	0,553	0,316	-1,720	0,085
Trifólio	0,841	0,479	-1,720	0,085
<b>Grau III</b>				
Esférica	0,4578	0,194	-2,053	0,040*
Coma	0,807	0,460	-1,932	0,049*
Trifólio	1,240	0,639	-2,696	0,007*
<b>Grau IV</b>				
Esférica	0,201	0,138	-0,874	0,382
Coma	0,484	0,217	-2,97	0,003*
Trifólio	0,618	0,3026	-1,992	0,046*

\* Diferença Estatisticamente Significativa. Fonte: Autores.

Os dados das aberrações totais foram convertidos em Log para comparar as médias pré e pós capsulotomia por um teste paramétrico e confirmar os achados do teste de Wilcoxon. A comparação do Log das aberrações é apresentada na Tabela 5.

**Tabela 5.** Comparação da diferença entre o Log das aberrações internas antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser.

Log da Aberração	Média das Diferenças	IC 95%		p
		Inferior	Superior	
<b>Grau I</b>				
Esférica	0,286	-0,0360	0,609	0,077
Coma	0,260	-0,109	0,631	0,152
Trifólio	0,283	0,068	0,498	0,014*
<b>Grau II</b>				
Esférica	0,369	0,010	0,727	0,044*
Coma	0,171	-0,050	0,394	0,121
Trifólio	0,131	0,019	-0,279	0,083
<b>Grau III</b>				
Esférica	0,411	0,053	0,769	0,026*
Coma	0,322	0,015	0,629	0,041*
Trifólio	0,358	0,166	0,550	0,001*
<b>Grau IV</b>				
Esférica	0,125	-0,109	0,361	0,268
Coma	0,346	0,081	0,611	0,015*
Trifólio	0,300	0,007	0,594	0,045*

IC Intervalo de Confiança; \* Estatisticamente Significativo. Fonte: Autores.

Foi identificada uma diferença estatisticamente significativa no log das aberrações trifólio para olhos com opacificação grau I, em relação ao grau II foi observada a diferença

estatisticamente significativa para o log aberrações esféricas, porém essa diferença não se mostrou significativa na comparação das médias sem transformação pelo modelo de Wilcoxon. Nos olhos de opacificação grau III houve uma diferença significativa em todos os tipos de aberrações, que se confirmou pelos dois testes (paramétricos e não paramétricos), por fim, para os olhos com opacificação grau IV, houve diferença significativa nas aberrações coma e trifólio, que se confirmou pelos dois testes.

### ***Comparação das Aberrações Internas***

Os valores pré e pós capsulotomia das aberrações internas dos tipos - esféricas, coma e trifólio – são apresentados na Tabela 6. A partir do teste de Wilcoxon, foi observada uma redução estatisticamente significativa em todos os tipos de aberrações internas após capsulotomia com YAG Laser.

**Tabela 6.** Valores das aberrações internas pré e pós capsulotomia por YAG laser, comparadas pelo teste de Wilcoxon.

Aberrações	Pré Capsulotomia			Pós Capsulotomia			Z	p
	Média (DP)	Mínimo	Máximo	Média (DP)	Mínimo	Máximo		
<b>Esféricas</b>	0,495 (0,795)	0,013	4,902	0,241 (0,263)	0,015	1,578	- 2,277	0,023*
<b>Coma</b>	0,543 (0,543)	0,053	2,507	0,318 (0,384)	0,043	2,363	-4,146	< 0,001*
<b>Trifólio</b>	0,714 (0,787)	0,06	5,092	0,365 (0,516)	0,049	2,353	-4,126	<0,001*

IC Intervalo de Confiança; \* Diferença Estatisticamente Significativa. Fonte: Autores.

Os valores das aberrações internas foram convertidas em Log e então foram comparadas pelo teste T de Student para amostras pareadas. Foi encontrada uma redução estatisticamente significativa após capsulotomia com YAG laser no Log das aberrações internas do tipo coma e trifólio, não houve diferença estatisticamente significativa no Log das aberrações internas do tipo esférica. A média das diferenças e o valor de *p* para a comparação realizada é apresentada na Tabela 7.

**Tabela 7.** Comparação da diferença entre o Log das aberrações internas pré e pós capsulotomia posterior por YAG Laser.

Log da Aberração	Média das Diferenças	IC 95%		p
		Inferior	Superior	
Esférica	0,121	-0,01472	0,25744	0,080
Coma	0,226	0,12944	0,32423	<0,001*
Trifólio	0,315	0,19992	0,43166	<0,001*

IC Intervalo de Confiança; \* Diferença Estatisticamente Significativa. Fonte: Autores.

### *Comparação das aberrações internas conforme o grau de opacificação*

Os valores médios das aberrações internas de olhos pseudofácicos pré e pós capsulotomia posterior por YAG Laser com seus respectivos desvios padrões separados pelo grau de opacificação de cápsula posterior e os valores mínimos e máximos encontrados são apresentados na Tabela 8. Essa tabela também sumariza a comparação das médias pelo teste de Wilcoxon, sendo apresentado o valor de Z e de p.

**Tabela 8.** Sumário da análise pré e pós capsulotomia com YAG laser das aberrações internas.

Opacificação	Pré Capsulotomia			Pós Capsulotomia			Z	p
	Média (DP)	Mínimo	Máximo	Média (DP)	Mínimo	Máximo		
<b>Grau I</b>								
Esférica	0,440 (0,502)	0,049	1,486	0,170 (0,096)	0,035	0,366	-1,664	0,096
Coma	0,318 (0,379)	0,066	1,555	0,145 (0,075)	0,054	0,302	-2,072	0,038*
Trifólio	0,369 (0,278)	0,06	0,947	0,180 (0,085)	0,061	0,383	-1,977	0,048*
<b>Grau II</b>								
Esférica	0,610 (1,180)	0,031	4,902	0,281 (0,357)	0,015	1,578	-0,849	0,396
Coma	0,533 (0,603)	0,053	2,507	0,352 (0,384)	0,043	1,551	-2,308	0,021*
Trifólio	0,806 (1,196)	0,063	5,092	0,468 (0,625)	0,068	2,239	-1,546	0,122
<b>Grau III</b>								
Esférica	0,515 (0,776)	0,013	2,786	0,268 (0,288)	0,05	1,132	-0,483	0,629
Coma	0,719 (0,606)	0,104	2,457	0,438 (0,531)	0,059	2,363	-2,173	0,030*
Trifólio	0,937 (0,731)	0,142	2,587	0,468 (0,682)	0,054	2,353	-2,294	0,022*
<b>Grau IV</b>								
Esférica	0,366 (0,362)	0,036	1,212	0,225 (0,192)	0,034	0,762	-1,748	0,081
Coma	0,446 (0,458)	0,093	1,874	0,281 (0,277)	0,084	1,026	-2,132	0,033*
Trifólio	0,635 (0,325)	0,104	1,244	0,272 (0,243)	0,049	0,745	-2,341	0,019*

DP Desvio Padrão; \* Estatisticamente Significativo. Fonte: Autores.

Nos olhos classificados como Opacificação grau I foi encontrada uma redução estatisticamente significativa das médias pré e pós capsulotomia das aberrações coma e trifólio. Nas de grau II houve uma redução estatisticamente significativo nas aberrações coma. Enquanto nos opacificações de grau III e IV uma redução significativa de coma e trifólio.

Os dados das aberrações internas também foram convertidos em Log para comparar as médias pré e pós capsulotomia por um teste paramétrico e confirmar os achados do teste de Wilcoxon. No teste T de Student, demonstrado na Tabela 9, foi possível corroborar com aquilo que havia sido encontrando pelo teste de Wilcoxon quanto a diminuição das aberrações nos graus III e IV de Opacificação após o procedimento e também encontrou uma redução significativa nas aberrações coma no grau II.

**Tabela 9.** Comparação da diferença entre o Log das aberrações internas antes e após capsulotomia posterior por YAG Laser.

Log da Aberração	Média das Diferenças	IC 95%		p
		Inferior	Superior	
<b>Grau I</b>				
Esférica	0,20371	-0,08076	0,48818	0,146
Coma	0,22747	-0,02286	0,4778	0,071
Trifólio	0,23292	-0,01159	0,47744	0,06
<b>Grau II</b>				
Esférica	0,09727	-0,13743	0,33197	0,394
Coma	0,18763	0,02677	0,34848	0,025*
Trifólio	0,15087	-0,02694	0,32867	0,091
<b>Grau III</b>				
Esférica	0,06418	-0,30073	0,42908	0,716
Coma	0,278	0,03847	0,51753	0,025*
Trifólio	0,43158	0,19076	0,67239	0,001*
<b>Grau IV</b>				
Esférica	0,14968	-0,04765	0,34701	0,124
Coma	0,20469	0,0466	0,36277	0,015*
Trifólio	0,46227	0,13891	0,78564	0,009*

IC Intervalo de Confiança; \* Estatisticamente Significativo. Fonte: Autores.

### *Avaliação da relação entre as aberrações internas pré e pós capsulotomia com YAG laser*

A Tabela 10 apresenta o percentual de pacientes que obtiveram redução (Ab-Pós/ Ab-Pré < 1) e aumento (Ab-Pós/Ab-Pré > 1) das aberrações separados pelo grau de opacificação.

**Tabela 10.** Relação entre as aberrações pós e pré capsulotomia com YAG laser.

Aberrações	Grau I % (n)		Grau II % (n)		Grau III % (n)		Grau IV % (n)	
	< 1	> 1	< 1	> 1	< 1	> 1	< 1	> 1
Esféricas	64,3 (9)	35,7 (5)	50 (9)	50 (9)	47,4 (9)	52,6 (10)	61,5 (8)	38,5 (5)
Coma	64,3 (9)	35,7 (5)	72,2 (13)	27,8 (5)	73,7 (14)	26,3 (5)	84,6 (11)	15,4 (2)
Trifólio	71,4 (10)	28,6 (4)	66,7 (12)	33,3 (6)	73,7 (14)	26,3 (5)	69,2 (9)	30,8 (4)

< 1 Redução da aberração; > 1 Aumento da aberração. Fonte: Autores.

A ANOVA de uma via mostrou que não existe efeito do grau de opacificação na relação pós/pré capsulotomia para aberrações esféricas [F (3,60) = 1,205; p = 0,316]. Para as aberrações coma, a ANOVA também mostrou que não existe efeito do grau de opacificação

na relação pós/pré capsulotomia [F (3,60) = 0,190; p = 0,903]. Do mesmo modo, para as aberrações coma, o teste não mostrou efeito do grau de opacificação [F (3,60) = 0,796; p = 0,501].

#### 4. Discussão

O presente estudo demonstrou uma diminuição significativa nas aberrações totais e internas após capsulotomia por Nd:YAG laser o que corrobora com o que já havia sido apresentado anteriormente na literatura, de que a capsulotomia por Nd:YAG laser reduz as aberrações de alta ordem. O estudo de Levy et al. (2009) foi primeiro a avaliar o comportamento das aberrações internas totais neste contexto, os autores observaram uma redução estatisticamente significativa de todas as aberrações, com exceção das aberrações coma. Além disso, neste estudo, a melhora das aberrações se associaram a uma significativa melhora da acuidade visual, sem mudanças significativas na refração (Levy et al., 2009).

Atribuímos a diferença significativa encontrada nas aberrações de alta ordem, realmente, à capsulotomia, pois outras variáveis intervenientes que poderiam interferir foram controladas em nosso desenho clínico. Como por exemplo, excluímos pacientes com patologias da córnea e retina, as quais poderiam interferir nas medidas de frente de onda. Além disso, as medições e calculadas sobre uma pupila de 5.0mm, para minimizar os efeitos decorrentes do deslocamento aleatório do centro da pupila, o que poderia alterar a as aberrações. Destaca-se também que as mensurações foram realizadas com o aberrômetro Nidek-OPD III, cuja precisão e reprodutibilidade já foi demonstrada por outros autores (Barreto et al., 2006; Holzer et al., 2006; Levy et al., 2009).

Além da melhora da acuidade visual, outros autores descrevem que a capsulotomia por Nd:YAG laser corrige outras alterações visuais de pacientes com opacificação de cápsula posterior, como por exemplo a sensibilidade ao contraste e a deficiência de brilho (Hayashi et al., 2003; Menon et al., 2009; Wakamatsu et al., 2011). Até o presente momento não é possível definir qual aberração causa cada tipo de sintoma, logo se torna difícil estimar a redução de qual aberrações em específico teria um melhor incremento na qualidade visual dos pacientes (Cinar et al., 2020; Rocha et al., 2007).

Neste sentido, Sepulveda & Krueger (2019) apontam que um olho com opacificação de cápsula posterior possui várias aberrações e o impacto visual decorreria do conjunto delas e não apenas de uma de forma isolada. Entretanto, demais estudo são necessários para se compreender o papel de cada tipo de aberração na sintomatologia e no impacto da qualidade

visual de olhos pseudofácicos (Resan et al., 2012; Sepulveda, 2019; Sepulveda & Krueger, 2011).

Em nosso estudo foi possível avaliar a mudança nos valores das aberrações em cada grau de opacificação de cápsula posterior. Já foi demonstrado por outros autores que a opacificação induz ao espalhamento de luz no globo ocular (Aslam et al., 2005). É sugerido que graus maiores de OCP impõe um comprometimento maior da qualidade na visão, o que por si só justifica o estudo das aberrações em cada grau (Kronschläger et al., 2019).

A microestrutura da OCP é altamente variável, pode assumir a forma um formato fibrótico ou peroláceo, em alguns casos ambas as formas, e dentro das classes de OCP variam de gravidade e distribuição. Essa variação pode afetar os raios de luz de incidentes de diferentes maneiras (Wakamatsu et al., 2011). Os raios podem ser refratados, refletidos, absorvidos ou dispersos, o que justifica a variação dos graus das aberrações nos olhos avaliados pelo estudo (Hida et al., 2008; Rocha et al., 2007; Schaumberg et al., 1998).

No presente estudo comparamos a média dos grupos de cada grau de OPC por dois modelos estatísticos distintos, a fim de realizar apontamentos precisos sobre as diferenças encontradas. categoriza de forma. A distribuição não normal dos dados não foi um achado limitado ao nosso estudo. O estudo de Yotsukura et al. (2016) que também avaliou aberrações em pacientes pós capsulotomia também se utilizou do recurso da conversão dos valores das aberrações em Log (Yotsukura et al., 2016).

Quanto as aberrações totais, a partir dos modelos de comparação, identificou-se uma diferença significativa nas aberrações trifólio para olhos com opacificação grau I, em relação ao grau II foi observada a diferença estatisticamente significativa para o log aberrações esféricas, porém essa diferença não se mostrou significativa na comparação das médias sem transformação pelo modelo de Wilcoxon. Nos olhos de opacificação grau III houve uma diferença significativa em todos os tipos de aberrações, que se confirmou pelos dois testes (paramétricos e não paramétricos), por fim, para os olhos com opacificação grau IV, houve diferença significativa nas aberrações coma e trifólio, que se confirmou pelos dois testes.

Em relação as aberrações internas, também foi possível observar uma queda na média de todas as aberrações em todos os graus de opacificação. Nos olhos de opacificação grau I o teste de Wilcoxon mostrou uma diferença estatisticamente significativa após o procedimento, entretanto esse achado não se confirmou pelo teste t. Nos olhos de opacificação grau II, foi observada uma redução significativa das aberrações coma. Tanto para os graus III e IV ambos os testes mostraram uma diferença significativa entre as médias das aberrações coma e trifólio.

Quanto aos achados da ANOVA, não foi encontrado maior benefício em termos de redução das aberrações internas para um grau de OPC específico, entretanto esse achado deve ser interpretado com cautela pois apesar de o estudo contar com um número significativo de olhos incluídos, quando separado pelos graus o n pode não ser suficiente para confirmar que nenhum grau de OPC se beneficia mais da capsulotomia com Nd:YAG laser. O presente estudo e as deduções encontradas por nós deve servir de base para outros autores investigarem esses achados.

Outrossim, a classificação do grau de OCP foi realizada de forma inferencial, apesar de esse ser o método mais utilizado na prática, existe a possibilidade do viés de classificação e da discriminação exata dos olhos em determinados graus. Diversos estudos na atualidade buscam criar modelos sistematizados para graduar as OCP, entretanto ainda não há consenso sobre qual o melhor método para tal (Buehl et al., 2002; Kronschläger et al., 2019; Sharma et al., 2016).

Algumas limitações do estudo precisam ser destacadas, o presente estudo não avaliou acuidade visual e erros refracionais, apesar de não ser o objetivo primário do trabalho, a avaliação da relação dessas com as aberrações de alta ordem são importante, para tanto sugerimos tal abordagem para outros autores. Além disso, não avaliamos a sensibilidade ao contraste, entretanto a melhora neste fator pós capsulotomia é bastante conhecido na literatura (Resan et al., 2012; Wakamatsu et al., 2011; Yotsukura et al., 2016). E por fim, os métodos para classificar a OPC que utilizamos foram subjetivos, sugerimos a reprodução deste estudo em uma amostra maior de pacientes com a possibilidade classificação objetiva das OPC pelos métodos que vem sendo desenvolvidos.

Em termos práticos, a diminuição encontrada nos valores das aberrações de alta ordem refletem em uma melhora da opacificação da cápsula posterior e conseqüentemente uma melhora na qualidade da visão do paciente, propondo um novo horizonte para futuras pesquisas utilizando esta técnica, sempre objetivando o melhor tratamento disponível ao paciente.

## **5. Conclusão**

O presente estudo descreveu os valores das aberrações de alta ordem totais e internas em pacientes com olhos pseudofácicos submetidos à capsulotomia por Nd:YAG laser. Foi demonstrado que esse procedimento implica em uma redução estatisticamente significativa nas aberrações de alta ordem, tanto internas quanto totais. Os pacientes foram classificados e



subdivididos para fins de análise quanto ao grau de opacificação da cápsula posterior, o que até então é pouco descrito na literatura. As aberrações do tipo esféricas foram as menos afetadas em todas as classes de OPC. Os graus III e IV tiveram uma redução estatisticamente significativa principalmente das aberrações do tipo coma e trifólio. Entretanto, não identificamos maior benefício da capsulotomia por Nd:YAG laser para um grau específico de OPC, demonstrando que todos eles se beneficiam do procedimento. A literatura descreve que as aberrações de alta ordem contribuem com 15% a 20% da perda na qualidade da visão, acreditamos que a melhora das aberrações pós capsulotomia por Nd:YAG laser demonstradas no presente estudo implica numa melhora da qualidade da visão, denotando a importância prática dos achados descritos. Os achados e resultados do presente estudo podem instigar pesquisadores ao redor do mundo a reproduzir os achados descritos em coortes maiores de pacientes.

## Referências

- Aslam, T. M., Patton, N., & Dhillon, B. (2005). Analysis of posterior capsule opacification. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, 83(5), 635. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0420.2005.00552.x>
- Barreto, J., Netto, M. V, Cigna, A., Bechara, S., & Kara-José, N. (2006). Precision of higher order aberration repeatability with NIDEK OPD-scan retinoscopic aberrometry. *Journal of Refractive Surgery (Thorofare, N.J. : 1995)*, 22(9 Suppl), S1037—40. <http://europepmc.org/abstract/MED/17444090>
- Buehl, W., Findl, O., Menapace, R., Georgopoulos, M., Rainer, G., Wirtitsch, M., Siegl, H., & Pinz, A. (2002). Reproducibility of standardized retroillumination photography for quantification of posterior capsule opacification. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 28(2), 265–270. [https://doi.org/10.1016/S0886-3350\(01\)01228-7](https://doi.org/10.1016/S0886-3350(01)01228-7)
- Cinar, E., Yuce, B., Aslan, F., & Erbakan, G. (2020). Comparison of wavefront aberrations in eyes with multifocal and monofocal iols before and after Nd:YAG laser capsulotomy for posterior capsule opacification. *International Ophthalmology*, 40(9), 2169–2178. <https://doi.org/10.1007/s10792-020-01397-2>

Coelho, R. P., Pelinson, A. F. T. S., & Campos, L. T. de S. (2017). Capsulotomia YAG laser: indicações, riscos e cuidados. *E-Oftalmo.CBO: Revista Digital de Oftalmologia*, 3. <https://doi.org/10.17545/e-oftalmo.cbo/2017.88>

Hayashi, K., Hayashi, H., Nakao, F., & Hayashi, F. (2003). Correlation between posterior capsule opacification and visual function before and after Neodymium:YAG laser posterior capsulotomy. *American Journal of Ophthalmology*, 136(4), 720–726. [https://doi.org/10.1016/S0002-9394\(03\)00425-2](https://doi.org/10.1016/S0002-9394(03)00425-2)

Hida, W. T., Yamane, Í. de S., Motta, A. F. P., Silva, M. T., Alves, E., José Junior, N. K., & Nakano, C. T. (2008). Comparação da análise da frente de onda e da sensibilidade ao contraste em olhos pseudofácicos com implante de lentes intra-oculares esférica e asférica. *Revista Brasileira de Oftalmologia*, 67(3), 119–124. <https://doi.org/10.1590/s0034-72802008000300004>

Holzer, M. P., Goebels, S., & Auffarth, G. U. (2006). Precision of NIDEK OPD-scan measurements. *Journal of Refractive Surgery (Thorofare, N.J. : 1995)*, 22(9 Suppl), S1021—3. <http://europepmc.org/abstract/MED/17444086>

Karahan, E., Er, D., & Kaynak, S. (2014). An Overview of Nd:YAG Laser Capsulotomy. *Medical Hypothesis, Discovery & Innovation Ophthalmology Journal*, 3(2), 45–50. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25738159> <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4346677>

Kronschläger, M., Siegl, H., Pinz, A., Feichtenhofer, C., Buehl, W., Hirschall, N., & Findl, O. (2019). Automated qualitative and quantitative assessment of posterior capsule opacification by Automated Quantification of After-Cataract II (AQUA II) system. *BMC Ophthalmology*, 19(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/s12886-019-1116-z>

Levy, J., Lifshitz, T., Klemperer, I., Knyazer, B., Ashkenazy, Z., Kratz, A., & Belfair, N. (2009). The effect of Nd:YAG laser posterior capsulotomy on ocular wave front aberrations. *Canadian Journal of Ophthalmology*, 44(5), 529–533. <https://doi.org/10.3129/i09-160>

Medeiros, H. A. G. de, Ávila, M., & Santos, P. M. dos. (2006). Incidência de opacificação de

cápsula posterior em pacientes submetidos à facoemulsificação e implante de lentes intra-oculares acrílicas hidrofílicas expansíveis. *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*, 69(3), 371–375. <https://doi.org/10.1590/S0004-27492006000300016>

Menon, G. J., Wong, K. K., Bundhun, T., Ewings, P., & Twomey, J. M. (2009). The effect of Nd:YAG laser posterior capsulotomy on stereoacuity. *Eye*, 23(1), 186–189. <https://doi.org/10.1038/sj.eye.6702932>

Resan, M., Vukosavljevi, M., & Milivojevi, M. (2012). Wavefront Aberrations. *Advances in Ophthalmology*, 2. <https://doi.org/10.5772/24441>

Rocha, K. M., Nosé, W., Bottós, K., Bottós, J., Morimoto, L., & Soriano, E. (2007). Higher-order aberrations of age-related cataract. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 33(8), 1442–1446. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2007.03.059>

Rozema, J. J. (2007). The Wavefront Revolution in Cataract Surgery. *European Ophthalmic Review*, 00(00), 33. <https://doi.org/10.17925/eor.2007.00.00.33>

Rozema, J. J., Koppen, C., de Groot, V., & Tassignon, M. J. (2009). Influence of neodymium:YAG laser capsulotomy on ocular wavefront aberrations in pseudophakic eyes with hydrophilic and hydrophobic intraocular lenses. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 35(11), 1906–1910. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2009.06.033>

Sato, K.-I. (2012). Letter To The Editor - Five Consecutive Cases of Liquefied Aftercataract: Impact of Nd:YAG Laser Capsulotomy on Refraction and High-Order Aberrations. *The Open Ophthalmology Journal*, 6(1), 26–28. <https://doi.org/10.2174/1874364101206010026>

Schaumberg, D. A., Dana, M. R., Christen, W. G., & Glynn, R. J. (1998). A systematic overview of the incidence of posterior capsule opacification. *Ophthalmology*, 105(7), 1213–1221. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(98\)97023-3](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(98)97023-3)

Sepulveda, R. N. (2019). *Aberrações ópticas e Wavefront Sensing*. 1–12.

Sepulveda, R. N., & Krueger, R. (2011). Optical Aberrations and Wavefront Sensing. In

*Adler's Physiology of the Eye* (Eleventh E). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-05714-1.00002-9>

Sharma, P., Kailwoo, S. K., & Gupta, D. (2016). Contrast sensitivity before and after Nd:YAG laser capsulotomy. *JK Science*, 18(1), 39–44.

Wakamatsu, T. H., Yamaguchi, T., Negishi, K., Kaido, M., Matsumoto, Y., Ishida, R., Kojima, T., Ibrahim, O. M. A., Saiki, M., Dogru, M., & Tsubota, K. (2011). Functional visual acuity after neodymium:YAG laser capsulotomy in patients with posterior capsule opacification and good visual acuity preoperatively. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 37(2), 258–264. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2010.08.048>

Yotsukura, E., Torii, H., Saiki, M., Negishi, K., & Tsubota, K. (2016). Effect of neodymium:YAG laser capsulotomy on visual function in patients with posterior capsule opacification and good visual acuity. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 42(3), 399–404. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2015.11.042>

**Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Odenilson José da Silva – 60%

Heloisa Miura – 15%

Vilson Rosa de Almeida – 25%