

**CENTRO DE ESTATÍSTICA APLICADA**  
**RELATÓRIO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA - 05P22**

**TÍTULO:** Relatório de análise estatística sobre o projeto: “Contribuição para o estudo da propagação da luz através do esmalte e da dentina humanos.”

**PESQUISADOR:** Washington Steagall Junior

**ORIENTADORES:** Prof. Dr. Glauco Fioranelli Vieira

**INSTITUIÇÃO:** Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

**FINALIDADE:** Tese de Doutorado

**RESPONSÁVEIS PELA ANÁLISE:** Lúcia Pereira Barroso  
Cesar Augusto Zanardi Dias Castaldi  
Regis Chinen

**REFERÊNCIA DESTE TRABALHO:**

Barroso, L. P.; Castaldi, C. A. Z. D.; Chinen, R. **Relatório de análise estatística sobre o projeto: “Contribuição para o estudo da propagação da luz através do esmalte e da dentina humanos”**. São Paulo, IME-USP, 2005.

## FICHA TÉCNICA

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- STEAGALL J., W. (2005). **Contribuição para o estudo da propagação da luz através do esmalte e da dentina humanos**. São Paulo, 174p.
- NETER J.; KUTNER, M. H.; NACHSTHEIM, C.(1996). **Applied linear statistical models**. 4.ed. Chicago: IE-MCGRAW-HILL USA.
- SAS INTITUTE INC. (1999). **SAS OnlineDoc version eight**. <http://v8doc.sas.com/sashtml>. Cary, NC: SAS Institute Inc.

### PROGRAMAS COMPUTACIONAIS UTILIZADOS:

Microsoft Excel (2002).

Microsoft Word (2002).

Origin 7.5 (2005).

The SAS System for Windows (versão 8).

### TÉCNICAS ESTATÍSTICAS UTILIZADAS:

Análise Descritiva Unidimensional (03:010)

Análise de Variância com Modelos Mistos (08:030)

### ÁREA DE APLICAÇÃO:

Outros (14:990)

## ÍNDICE

<b>Resumo.....</b>	<b>5</b>
<b>1. Introdução.....</b>	<b>6</b>
<b>2. Descrição do Estudo.....</b>	<b>7</b>
<b>3. Descrição das Variáveis.....</b>	<b>11</b>
<b>4. Análise Descritiva.....</b>	<b>12</b>
<b>5. Análise Inferencial.....</b>	<b>13</b>
5.1 Modelo para Transmitância: Dentina.....	15
5.2 Modelo para Transmitância: Esmalte.....	16
5.3 Modelo para Absorbância: Dentina.....	17
5.4 Modelo para Absorbância: Esmalte.....	18
<b>6. Conclusões.....</b>	<b>20</b>
<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>22</b>
<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>35</b>
<b>APÊNDICE C.....</b>	<b>37</b>
C.1 Modelo para Transmitância: Dentina.....	38
C.2 Modelo para Transmitância: Esmalte.....	40
C.3 Modelo para Absorbância: Dentina.....	43
C.4 Modelo para Absorbância: Esmalte.....	46

## Resumo

Este projeto consiste em analisar a transmissão de luz, em seus três estratos (Ultra-Violeta, Luz visível e Infravermelho), para dois tecidos do dente: dentina e esmalte. Para tanto, foram utilizadas duas medidas principais: transmitância e absorbância. De forma geral, essas medidas quantificam a intensidade de luz que penetra em cada um dos tecidos, dada a intensidade de luz incidente nos mesmos.

O Estudo consistiu em medir a transmitância e a absorbância da luz em fatias resultantes de cortes de dentes em três sentidos (ocluso-cervical, mésio-distal e vestibulo-lingual) e em duas espessuras distintas (0,50mm e 0,25mm). A análise estatística foi fundamentada na comparação da transmitância e absorbância total médias para cada combinação possível entre sentido de corte e espessura, revelando os efeitos que essas duas variáveis podem provocar nas medidas em questão.

Concluiu-se, ao final do estudo, pela existência de efeito da espessura em todos os casos, e efeito de corte apenas para Transmitância (tanto em Dentina, quanto em Esmalte) e Absorbância em Dentina, ou seja, a Absorbância no esmalte foi a única combinação entre espessura e sentido de corte que não apresentou efeito de corte.

Dos grupos que apresentaram efeito em sentido de seção, os cortes Vestíbulo-lingual e Mésio-distal não apresentaram diferenças significativas entre si, ao passo que o sentido Ocluso-cervical diferiu de ambos. A transmitância na dentina apontou maiores valores médios para a seção ocluso-cervical, enquanto a transmitância no esmalte e a absorbância na dentina apresentaram maiores valores médios para as seções Mésio-distal e Vestíbulo-lingual.

Em relação às espessuras, foi constatado que a transmitância (em ambos os tecidos: dentina e esmalte) apresentou maiores valores médios para fatias com espessura de 0,25mm, enquanto a absorbância apresentou maiores valores médios para fatias com 0,50mm de espessura, tanto na dentina quanto no esmalte.

## 1. Introdução

Observa-se, atualmente, um avanço significativo em métodos e estudos odontológicos, que visam a melhoria do bem estar da população como um todo. Dentre eles, o uso da luz, ou laser, é um procedimento bastante comum na dentística e abrange diversas finalidades, desde diagnósticos até a modificação da estrutura dentária. No entanto, faz-se necessário conhecer os métodos que estão sendo aplicados e ter a convicção da adequabilidade dos mesmos, o que evidencia o mérito de um estudo sobre a ação da luz em seus diferentes espectros (ultra-violeta, luz visível e infra-vermelho) aplicada diretamente nos tecidos dentais.

Este trabalho tem como objetivo analisar a propagação da luz em suas diferentes faixas espectrais, em dois tecidos do dente humano (dentina e esmalte), seccionados em três distintos sentidos (vestíbulo-lingual, méso-distal e ocluso-cervical) e em duas espessuras diferentes (0,50mm e 0,25mm). Com o auxílio de um espectrofotômetro, avaliou-se a intensidade de luz transmitida a fim de caracterizar a ação da luz no dente.

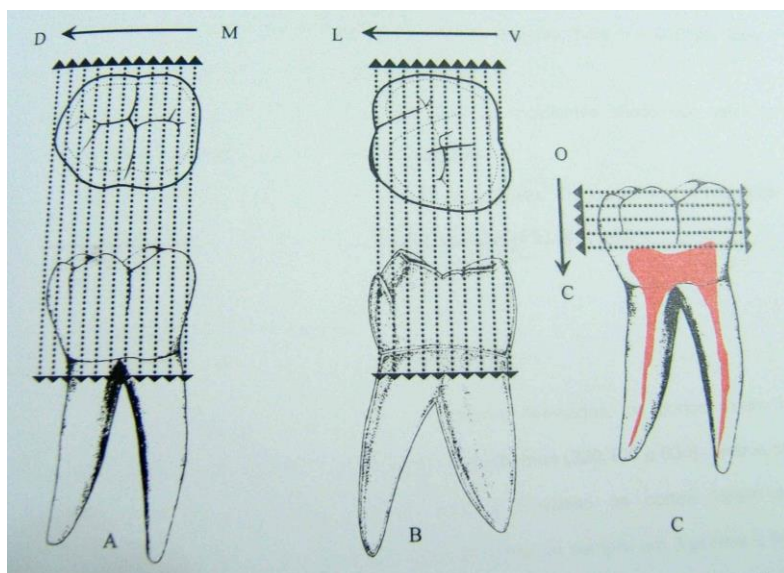
**Commented [C1]:** Não seria "Afim", e não "a fim" ?

## 2. Descrição do Estudo

Foram selecionados trinta dentes molares hígidos do banco de dentes humanos da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, e efetuada a profilaxia para a realização do estudo. Os dentes foram enumerados aleatoriamente de 1 a 30 e divididos em 6 grupos de mesmo tamanho segundo as orientações de corte e espessura, conforme ilustrado na Figura 1.

Cortes:

- OC (Ocluso – cervical);
- VL (Vestíbulo – lingual);
- MD (Mésio – distal).

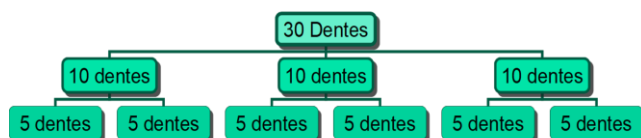


**Figura 1:** Sentido dos cortes: A - MD; B - VL; C -OC.

As seções foram realizadas de forma a se obter fatias com a menor espessura possível, mas, em função da limitação da máquina de seccionamento de espécimes

(Labuct 1010), conseguiu-se a espessura de 0,7mm. Entretanto, o equipamento que realiza a medição da intensidade de luz permite que resultados coerentes sejam obtidos apenas para espessuras menores que as alcançadas, o que dirigiu o experimento a basear-se em fatias com 0,5mm e 0,25mm de espessura, obtidas por lixamento manual e controle de precisão centesimal. Cada grupo continha, portanto, dez dentes: cinco com espessura de 0,5mm e cinco com espessura de 0,25mm. O número de seções efetivamente utilizado para cada dente variou devido à espessura inicial do mesmo e à qualidade apresentada nos cortes.

O organograma apresentado na Figura 2 ilustra a separação dos dentes nos 6 grupos:



**Figura 2:** Organograma da formação dos grupos

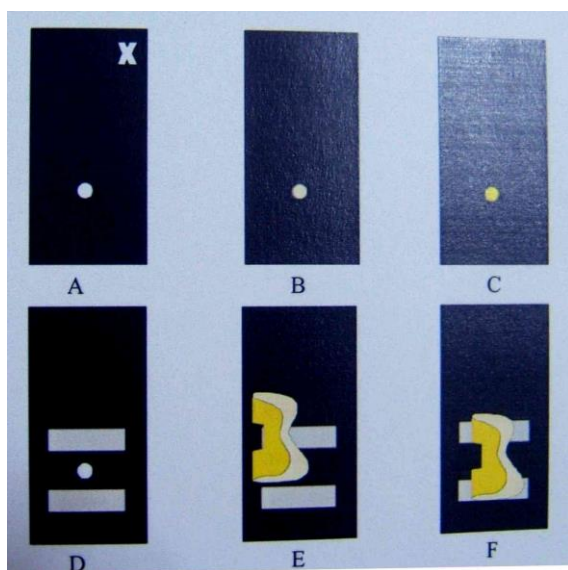
A primeira ramificação é da orientação dos cortes, a seguinte é da espessura das fatias.

É sabido que a aplicação de feixe de luzes na dentina e no esmalte causa desidratação dos mesmos. Com o intuito de controlar este efeito, para o desenvolvimento da análise foi constatado que uma velocidade de leitura de 1200nm/min (ao passo de leitura de 5nm) afetaria pouco os tecidos dos dentes quanto à desidratação.

O estudo consistiu no ensaio de Transmissão Direta, em que cada seção do dente foi exposta às seguintes faixas espectrais:

- UV (Ultra-violeta) : de 200 a 380 nm;
- Vis (Visível) : de 380 a 760 nm;
- IV (Infra-vermelho) : de 760 a 3200 nm.

Para realizar a leitura da transmissão de luz pelos tecidos, criou-se uma máscara pintada na cor preta com um orifício de 1mm de diâmetro. Nela, por meio de fitas adesivas dupla face, fixaram-se as fatias. Quanto ao posicionamento da fatia, fixou-se a região cúspica para o Esmalte e a porção central para a Dentina, conforme ilustrado na Figura 3.



**Figura 3:** Esquema de posicionamento da fatia na máscara de leitura.  
A, B e C: face da máscara voltada para a fonte de luz;  
D, E e F: face da máscara voltada para o detector de luz.

Os valores obtidos foram comparados à transmissão da luz diretamente no sensor do aparelho e, com esse procedimento, calculou-se a transmitância ( $T$ ) e a absorbância ( $A$ ) - índices que caracterizam o estudo - dados por:



$$T = \frac{I}{I_0} \text{ e}$$

$A = -\ln T$ , onde:

$I$  : representa a intensidade de luz que passa pela fatia estudada;

$I_0$  : representa a intensidade de luz total incidida sobre a fatia.

A leitura dos ensaios foi feita isoladamente para esmalte e dentina, em cada fatia.

### 3. Descrição das Variáveis

O estudo baseia-se em duas medidas principais: a transmitância e a absorbância. A transmitância é uma variável contínua e consiste na razão entre a intensidade de luz que ultrapassa a fatia estudada e a total incidente sobre a mesma. A absorbância é uma transformação numérica da transmitância, sendo esta o negativo do logaritmo natural.

A fim de se analisar o comportamento dessas duas medidas principais, efetuou-se um estudo segundo algumas variáveis. São elas:

- Corte: orientação da seção do dente, que pode ser categorizada em três níveis – OC, VL e MD;
- Comprimento de onda: intensidade de luz (nm);
- Tecido: variável categorizada em dois níveis – Dentina e Esmalte;
- Espessura: variável categorizada em dois níveis – 0,50mm e 0,25mm.

#### 4. Análise Descritiva

Com o intuito de avaliar o comportamento dos valores de transmitância e absorvância segundo a intensidade de luz, foram construídos gráficos de transmitância média e de absorvância média no esmalte e na dentina, fixando-se primeiro o sentido de corte e variando a espessura da fatia, e depois o contrário, fixando-se a espessura da fatia e variando o sentido do corte. Os gráficos são apresentados no Apêndice A.

Pode-se observar que as medidas tomadas para as menores e as maiores faixas de luz são muito parecidas e parecem apresentar problemas de medição. Por esse motivo os comentários serão feitos sobre as médias da transmitância e da absorvância observadas no intervalo aproximado de 300 a 2700 nm.

Outra característica interessante é que na mudança de espelhos da aparelhagem (no momento das medições), os valores de transmitância e absorvância mostram um “salto” nas curvas, observado claramente em valores de intensidade de luz próximos a 750nm.

Constatou-se em quase todos os casos que tecidos de menor espessura são menos opacos, ou seja, quanto menor a espessura, maior a quantidade média de luz que ultrapassa a fatia do dente estudado (Gráficos A.1 a A.8, A.11 e A.12). A única exceção encontrada foi para Esmalte sob espectro de luz Visível e Ultra-Violeta, no sentido de corte OC, em que a espessura de 0,25mm apresentou uma transmitância média menor que a fatia de dente de mesmo corte e tecido, mas com espessura de 0,50mm (Gráficos A.9 e A.10).

No Esmalte com fatias de 0,25mm (Gráficos A.15 e A.16) e na Dentina com fatias de 0,50mm (Gráficos A.17 e A.18), não parece haver diferença entre os valores médios da transmitância tomadas nos sentidos MD, VL e OC. Já para Esmalte com fatias de 0,5mm (Gráficos A.13 e A.14) e Dentina com fatias de 0,25mm (Gráficos A.19 e A.20) os valores médios da transmitância parecem iguais para os sentidos MD e VL, sendo na Dentina menores do que no sentido OC e no Esmalte menores do que no sentido OC na faixa espectral ultra-violeta e visível e maiores do que no sentido OC na faixa do infra-vermelho.

#### 5. Análise Inferencial

Deseja-se verificar, para cada tecido (Dentina e Esmalte), se há efeito de corte (MD, OC, VL) e espessura (0,25 mm e 0,50 mm) na transmitância e na absorbância médias.

Inicialmente validou-se os dados, onde juntamente com o pesquisador foi acordado de retirar ou modificar alguns registros.

Os valores de transmitância e absorbância correspondentes aos comprimentos inferiores a 200 nm e superiores a 2750 nm foram retirados do banco de dados por apresentarem comportamento atípico. Tal fato se deu em função da influência de fatores externos, como o espalhamento de luz, diferentes índices de refração da solução utilizada nas fatias, entre outros.

O espalhamento de luz consiste na emissão de fótons em direções diferentes do especificado, e ocorre principalmente para os valores extremos da faixa espectral, ou seja, quando a frequência de luz é muito baixa ou muito alta. Dado que a aplicação do laser é pontual, qualquer emissão de luz que não atinja o dente na posição referida e for captada pelo sensor não é consistente para o estudo.

Os valores provenientes das fatias 2 e 5 do dente 26 (Gráfico A.21) e fatia 2 do dente 3 (Gráfico A.22), ambos registrados na dentina, apresentam valores bastante divergentes das demais fatias. Em acordo com o pesquisador, julgou-se que as fatias citadas acima sofreram modificações por causas externas e não controladas (principalmente espalhamento) e, dada que sua participação na análise é inconsistente e afetaria significativamente os resultados finais, optou-se por removê-los do banco de dados.

A fatia 3 do dente 20, relativa ao esmalte (Gráfico A.23), e a fatia 2 do dente 11 (Gráfico A.24), relativa à dentina, apresentaram espalhamento de luz de 220 a 290 nm e de 200 a 330 nm, respectivamente. Substituiu-se esses valores pelas médias das fatias dos dentes alocados no mesmo grupo (corte, espessura e tecido iguais) para os mesmos comprimento de luz.

As transmitâncias negativas foram substituídas por zero; por ser tratar de uma proporção, teoricamente essa medida não pode ser negativa. Segundo o pesquisador, tal fato poderia ocorrer em função de valores muito próximos a zero, que não eram

captados pelo detector. Vale ressaltar que a proporção de registros negativos na base de dados foi inferior a 2%.

As fatias 1 e 2 do dente 21 para leitura no esmalte apresentam intervalos de 2 nm, e não 5 nm como as demais fatias.

Com intuito de resumir os dados e simplificar o modelo, a fim de se obter uma maior parcimônia, calculou-se as áreas aproximadas dos gráficos de transmitância e de absorbância por comprimento de onda. Assim, eliminam-se as medidas repetidas provenientes do comprimento de onda, já que para cada fatia foram realizadas cerca de 500 leituras em cada tecido.

Um possível modelo para a análise inferencial é o modelo misto (Neter et al., 1996), com dois fatores fixos: corte e espessura. Existe ainda um fator aleatório para dente, pois é esperado que as medidas obtidas em fatias de um mesmo dente sejam correlacionadas. Sendo assim, o modelo adotado está apresentado no Apêndice B.

Optou-se pela estrutura de correlação *componentes de variância* para o ajuste do modelo (SAS INSTITUTE INC, 1999), uma vez que não foi possível considerar a ordem das fatias, devido às quantidades diferirem em cada dente e a construção das fatias depender do sentido de corte. As variáveis transmitância na dentina e absorbância na dentina e no esmalte não satisfizeram a suposição de normalidade do modelo e por isso a transformação logarítmica foi aplicada (Neter et al., 1996). Quando a hipótese de igualdade de médias foi rejeitada, as diferenças entre elas foram localizadas pelo método de Tukey (Neter et al., 1996).

Foram ajustados quatro modelos, um para cada combinação de tecido e da variável de interesse (transmitância e absorbância):

- Transmitância: Dentina;
- Transmitância: Esmalte;
- Absorbância: Dentina;
- Absorbância: Esmalte.

Para cada modelo proposto, efetuou-se uma análise dos resíduos com o intuito de validar as suposições necessárias, legitimando, portanto, as conclusões alcançadas. Em alguns casos, mais especificadamente para Absorbância (em ambos os tecidos: esmalte e dentina) e Transmitância na dentina, fez-se necessário a transformação dos dados,

para que a análise residual estivesse de acordo com premissas teóricas; a transformação utilizada foi a logarítmica natural. Os gráficos com as análises de resíduos encontram-se no Apêndice C.

### 5.1 Modelo para Transmitância: Dentina

Os resultados dos testes são dados na Tabela 5.1. A interação não foi significativa ( $p > 0,35$ ). Como não existe interação, as diferenças detectadas entre OC e (VL ou MD) se mantêm nas duas espessuras. Da mesma forma, as diferenças detectadas nos níveis de espessuras se mantêm para OC e VL ou OC e MD (dado que VL e MD não diferem estatisticamente). A existência de efeito de espessura indica que a média dos logaritmos das áreas das fatias com 0,50 mm é diferente da média dos logaritmos das áreas das fatias com 0,25 mm. Considerando a variável corte, foi detectado que as médias dos logaritmos das áreas nos sentidos de cortes OC e VL diferem entre si, bem como os cortes OC e MD; VL e MD não apresentaram diferenças significativas. O corte OC, em média, apresenta maior valor para a média do logaritmo da área da transmitância em relação aos demais. Fato que também é constatado para a espessura 0,25 mm, em relação à espessura de 0,50mm.

Neste caso, o intercepto é interpretado como uma média geral para o logaritmo natural da área do dente seccionado no sentido VL ou MD e com espessura de 0,50mm. As estimativas *Espessura 0,25* e *Corte OC* são, respectivamente, os incrementos na média da variável resposta, dado que a fatia analisada possui espessura de 0,25mm e sentido de corte OC.

**Tabela 5.1:** Estimativas dos parâmetros de efeitos fixos do modelo ajustado para logaritmo natural da área da transmitância na dentina.

Efeito	Estimativa	Erro Padrão	G.L.	t Valor	Pr >  t
<b>Intercepto</b>	2,398	0,031	27	76,540	<,0001
<b>Espessura 0,25</b>	0,488	0,043	144	11,260	<,0001
<b>Espessura 0,50</b>	-	-	-	-	-

<b>Corte OC</b>	0,199	0,056	144	3,550	0,001
<b>Corte VL MD</b>	-	-	-	-	-

Assim, obtemos o modelo final para transmitância na dentina:

$$\ln(\text{Área}) = 2,398 + 0,488X_1 + 0,199X_2$$

sendo:

$X_1$  : indicador de espessura; vale 1 para fatias com espessura de 0,25mm, e 0 para fatias com espessura de 0,50mm;

$X_2$  : indicador de corte; vale 1 quando o sentido de corte for OC, e 0 quando o sentido de corte for VL ou MD.

## 5.2 Modelo para Transmitância: Esmalte

Os resultados dos testes estão na Tabela 5.2 e, para essa situação, em particular, não houve necessidade de transformação dos dados para que as suposições feitas sobre o modelo fossem satisfeitas. No estudo, notamos que o efeito de interação não foi significativo ( $p > 0,20$ ). Sendo assim, as diferenças detectadas entre OC e MD ou OC e VL (considerando que não há diferenças significativas entre os cortes MD e VL) se sustentam em ambas as espessuras. Da mesma forma, as diferenças detectadas nos níveis de espessuras se mantêm para OC e VL ou OC e MD (dado que VL e MD não diferem estatisticamente). A existência de efeito de espessura indica que as médias das áreas das fatias com 0,25 mm ou 0,50 mm não são iguais. Para a variável corte, foi detectada diferença entre os cortes OC e VL, e OC e MD, ao passo que as seções VL e MD não diferem entre si. Os cortes VL ou MD comparados ao sentido de corte OC, em média, apresentam maiores valores para a área da transmitância.

Assim como o modelo anterior, o intercepto é interpretado como uma média geral para uma determinada situação; neste caso, relativa à área do dente seccionado no sentido OC e com espessura de 0,50mm. As estimativas *Espessura 0,25* e *Corte VL ou MD* são, respectivamente, os incrementos na média da transmitância, dado que a fatia analisada possui espessura de 0,25mm e sentido de corte VL ou MD.

**Tabela 5.2:** Estimativas dos parâmetros de efeitos fixos do modelo ajustado para área da transmitância no esmalte.

Efeito	Estimativa	Erro Padrão	G.L.	t Valor	Pr >  t
<b>Intercepto</b>	762,750	33,577	26	22,720	<,0001
<b>Espessura 0,25</b>	262,170	27,080	92	9,680	<,0001
<b>Espessura 0,50</b>	-	-	-	-	-
<b>Corte VL MD</b>	84,306	34,309	92	2,460	0,016
<b>Corte OC</b>	-	-	-	-	-

Obtemos, então, o modelo final para transmitância no esmalte:

$$\text{Área} = 762,750 + 262,170X_1 + 84,306X_2$$

sendo:

$X_1$  : indicador de espessura; vale 1 para fatias com espessura de 0,25mm, e 0 para fatias com espessura de 0,50mm;

$X_2$  : indicador de corte; vale 1 quando o sentido de corte for VL ou MD, e 0 quando o sentido de corte for OC.

### 5.3 Modelo para Absorbância: Dentina

Os resultados dos testes estão na Tabela 5.3. A interação não foi significativa ( $p > 0,40$ ). Assim, as diferenças detectadas entre OC e (VL ou MD) se mantêm nas duas espessuras. Da mesma forma, como não existe interação, as diferenças detectadas nos níveis de espessuras se mantêm para OC e VL (OC e MD). A existência de efeito de espessura indica que a média dos logaritmos das áreas das fatias com 0,50 mm é diferente da média dos logaritmos das áreas das fatias com 0,25 mm.. Para a variável corte, foi detectado que os cortes OC e VL, e OC e MD são diferentes, e VL e MD são iguais. O corte MD ou VL em média apresenta maior valor para a área média da transmitância do corte OC. Analogamente, fatias de espessura 0,50 mm apresentaram diferenças significativas para fatias de espessura 0,25mm, sendo que as áreas médias foram menores para fatias menores.

Neste caso, tem-se o intercepto como uma média geral para o logaritmo natural da área relativa ao dente seccionado no sentido OC e com espessura de 0,25mm. As estimativas *Espessura 0,50* e *Corte VL ou MD* são, respectivamente, os incrementos na



média do logaritmo da absorbância, dado que a fatia analisada possui espessura de 0,50mm e sentido de corte VL ou MD.

**Tabela 5.3:** Estimativas dos parâmetros de efeitos fixos do modelo ajustado para logaritmo natural da área da absorbância na dentina.

Efeito	Estimativa	Erro Padrão	G,L,	t Valor	Pr >  t
<b>Intercepto</b>	9,423	0,011	27	848,880	<,0001
<b>Espessura 0,50</b>	0,109	0,008	144	12,840	<,0001
<b>Espessura 0,25</b>	-	-	-	-	-
<b>Corte MD VL</b>	0,043	0,011	144	3,880	0,000
<b>Corte OC</b>	-	-	-	-	-

Obtemos, então, o modelo final para absorbância na dentina:

$$\ln(\text{Área}) = 9,423 + 0,109X_1 + 0,043X_2$$

sendo:

$X_1$  : indicador de espessura; vale 1 para fatias com espessura de 0,50mm, e 0 para fatias com espessura de 0,25mm;

$X_2$  : indicador de corte; vale 1 quando o sentido de corte for VL ou MD, e 0 quando o sentido de corte for OC.

#### 5.4 Modelo para Absorbância: Esmalte

Os resultados dos testes estão na Tabela 5.4. Neste caso, a interação entre corte e espessura não foi significativa ( $p>0,39$ ), bem como o efeito do corte ( $p>0,20$ ). A existência de efeito de espessura indica que as médias dos logaritmos das áreas das fatias com 0,25 mm ou 0,50 mm não são iguais. Para a variável espessura, foi detectado que o nível 0,50mm, em média, apresenta maiores valores para o logaritmo da área da absorbância do que o nível 0,25mm.

Assim, o intercepto representa uma média geral para dentes com espessura de 0,25mm, seccionados em qualquer sentido (dado que não há diferença significativa entre eles), ao passo que a estimativa *Espessura 0,50* é o valor adicional à média do logaritmo natural da área, quando a espessura considerada é de 0,25mm.

**Tabela 5.4:** Estimativas dos parâmetros de efeitos fixos do modelo ajustado para o logaritmo natural da área da absorbância no esmalte.

Efeito	Estimativa	Erro Padrão	G,L,	t Valor	Pr >  t
<b>Intercepto</b>	8,173	0,059	27	138,380	<,0001
<b>Espessura 0,50</b>	0,304	0,082	92	3,700	0,000
<b>Espessura 0,25</b>	-	-	-	-	-

Obtemos, então, o modelo final para absorbância no esmalte:

$$\ln(\text{Área}) = 8,173 + 0,304X_1$$

sendo:

$X_1$  : indicador de espessura; vale 1 para fatias com espessura de 0,50mm, e 0 para fatias com espessura de 0,25mm;

## 6. Conclusões

De acordo com a análise estatística efetuada e explanada anteriormente, concluiu-se que para ambos os tecidos, dentina e esmalte, houve efeito de espessura tanto na transmitância quanto na absorbância, ou seja, as fatias com espessuras de 0,25mm apresentaram diferenças significativas nos valores das duas médias para fatias com espessura de 0,50mm para todos os sentidos de cortes. Em todos os casos a transmitância média foi maior para as fatias com 0,25mm de espessura; em outras palavras, para fatias mais delgadas a transmissão de luz foi maior. Analogamente, os valores da absorbância média foram significativamente menores para fatias de 0,25mm.

Entretanto, o efeito devido ao sentido da seção não ocorreu para ambos os tecidos em ambas as espessuras. Para a dentina, pode-se afirmar que o sentido de corte interfere nos resultados das medidas de transmitância e absorbância, ao passo que, para esmalte, apenas a transmitância evidenciou ser influenciada pelo sentido da seção. Assim, a absorbância no esmalte do dente só apresentou efeito de espessura. Em todos os casos que apresentaram diferenças nos sentidos de cortes, as seções MD e VL não podem ser consideradas como seções distintas, ou seja, apenas o corte OC diferiu estatisticamente dos demais sentidos de cortes.

De forma geral, temos as seguintes conclusões:

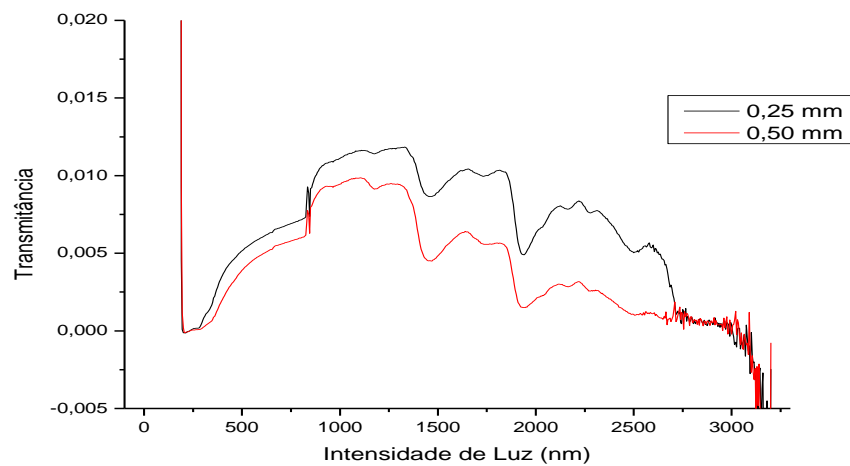
1. Transmitância – Dentina: detectou-se efeitos significativos para corte e espessura. Considerando as espessuras, os valores da transmitância média foram maiores para espessuras de 0,25mm. Considerando os sentidos de corte, VL e MD não apresentaram diferenças entre si, ao passo que OC diferiu de ambas; valores maiores de transmitância média são encontrados para sentido de seção OC.
2. Transmitância – Esmalte: detectou-se efeitos significativos para corte e espessura. Considerando as espessuras, os valores da transmitância média foram maiores para espessuras de 0,25mm. Considerando os sentidos de corte, VL e MD não apresentaram diferenças entre si, ao passo

que OC diferiu de ambas; valores maiores de transmitância são encontrados para sentido de seção MD e VL.

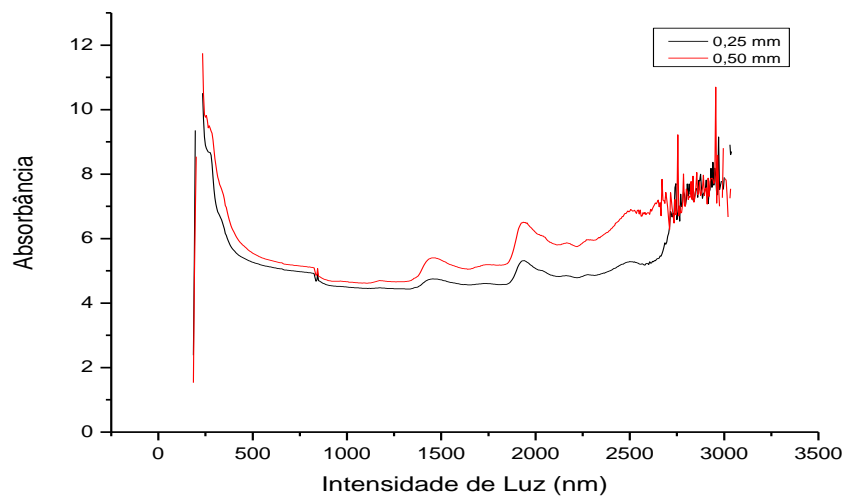
3. Absorbância – Dentina: detectou-se efeitos significativos para corte e espessura. Considerando as espessuras, os valores da absorbância média foram maiores para espessuras de 0,50mm. Considerando os sentidos de corte, VL e MD não apresentaram diferenças entre si, ao passo que OC diferiu de ambas; valores maiores de absorbância são encontrados para sentido de seção MD e VL.
4. Absorbância – Esmalte: detectou-se apenas efeito significativo de espessura, sendo valores da absorbância média maiores para espessuras de 0,50mm.

**APÊNDICE A**  
**Gráficos**

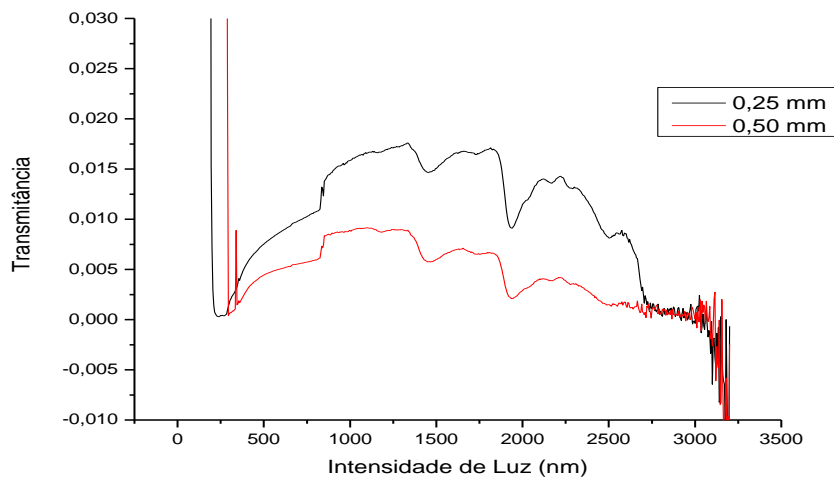
**Gráfico A.1 – Transmitância média na Dentina sob o corte no sentido MD**



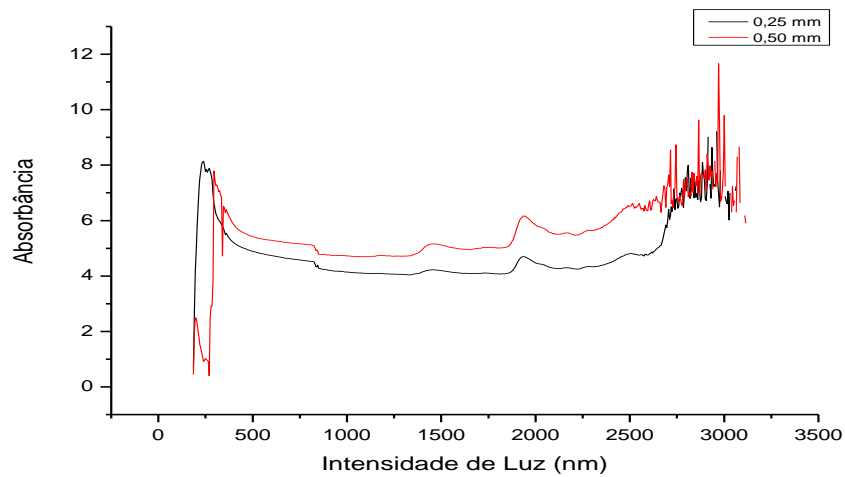
**Gráfico A.2 – Absorbância média na Dentina sob o corte no sentido MD**

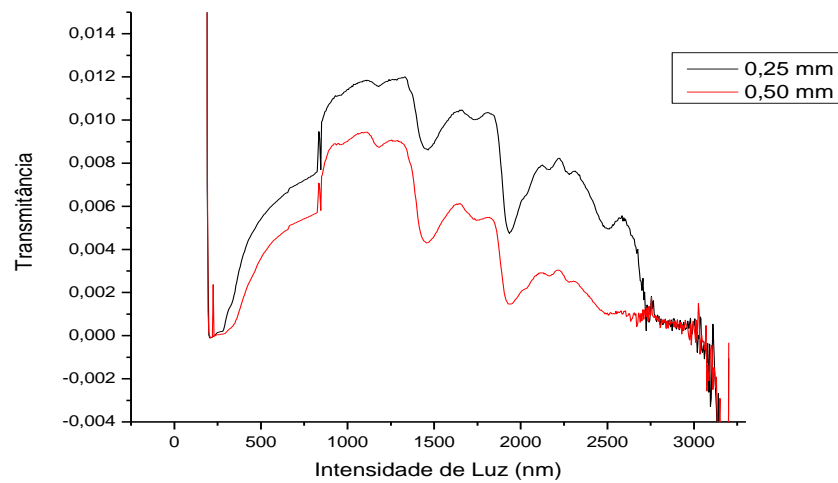
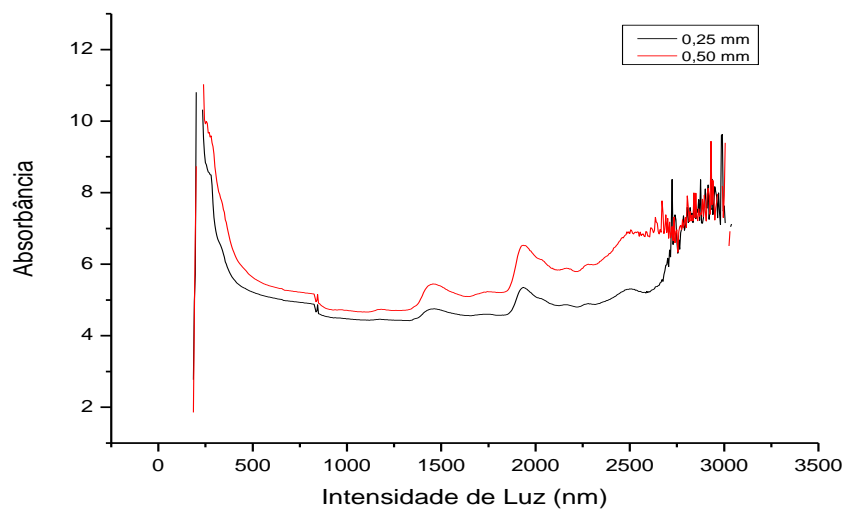


**Gráfico A.3 – Transmitância média na Dentina sob o corte no sentido OC**

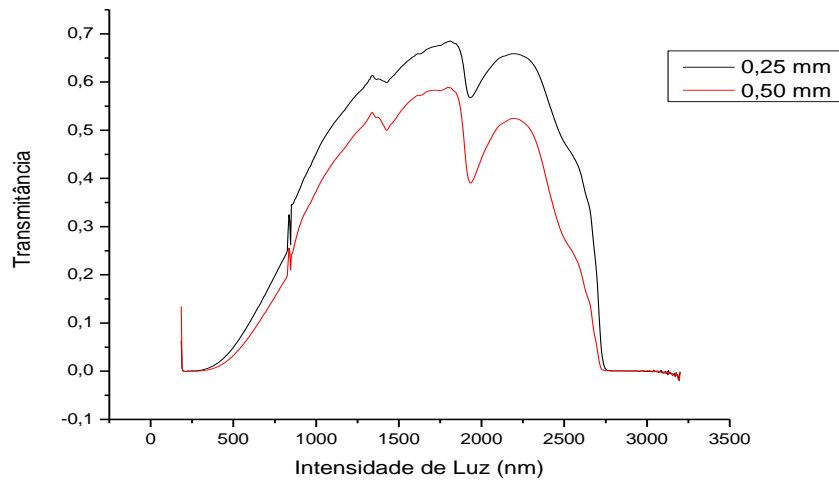


**Gráfico A.4 – Absorbância média na Dentina sob o corte no sentido OC**

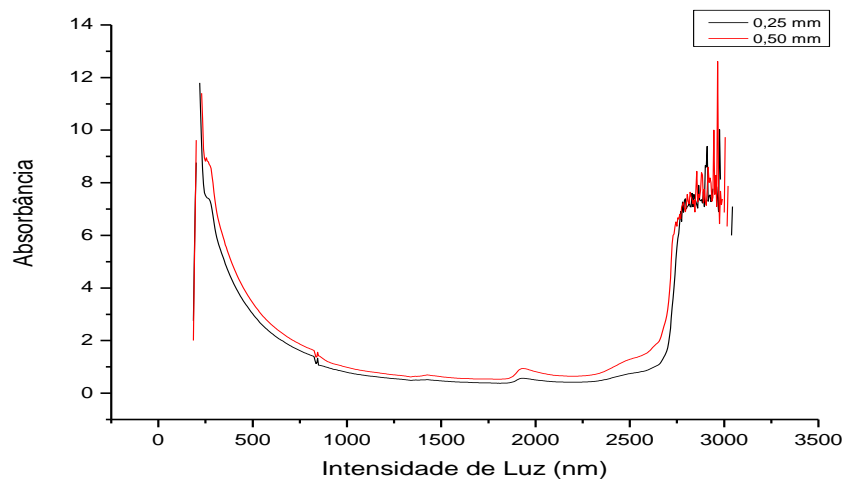


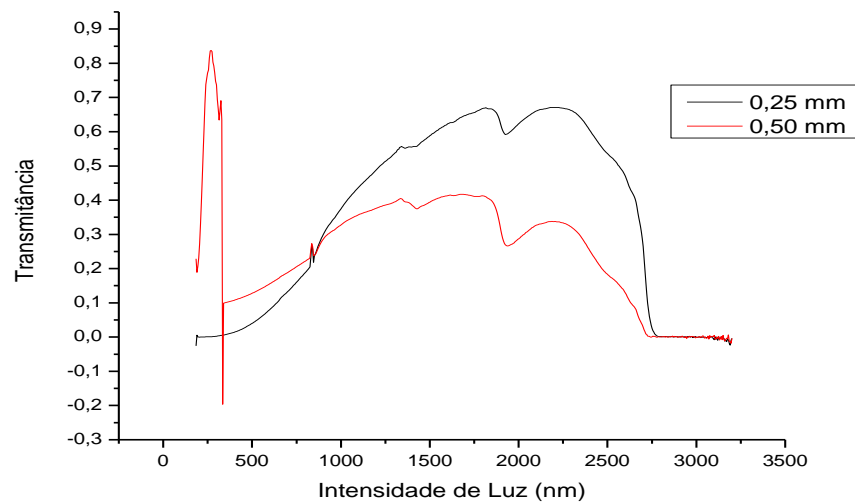
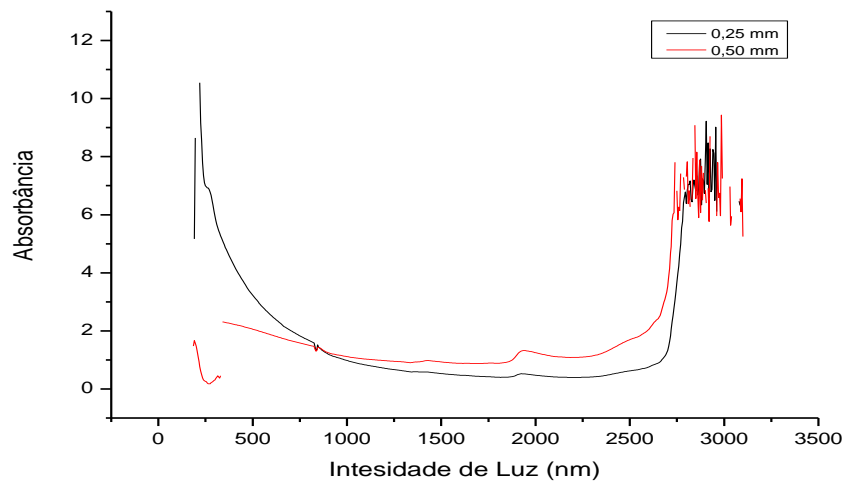
**Gráfico A.5 – Transmitância média na Dentina sob o corte no sentido VL****Gráfico A.6 – Absorbância média na Dentina sob o corte no sentido VL****Gráfico A.7 – Transmitância média no Esmalte sob o corte no sentido MD**

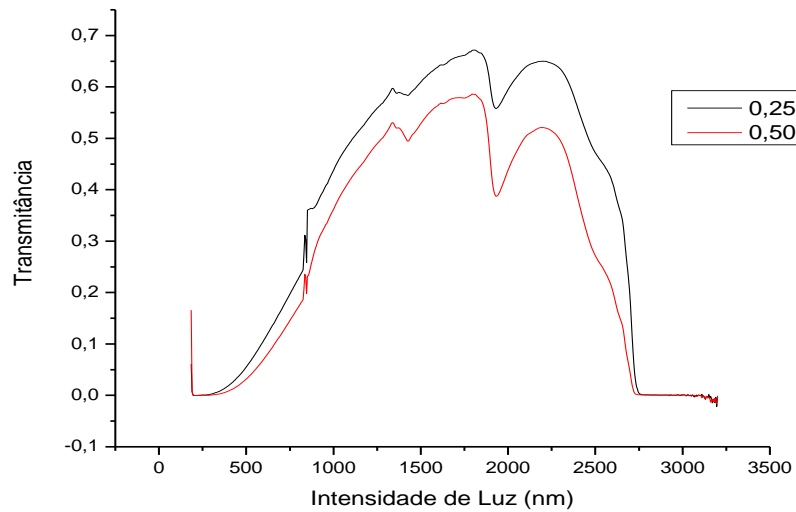
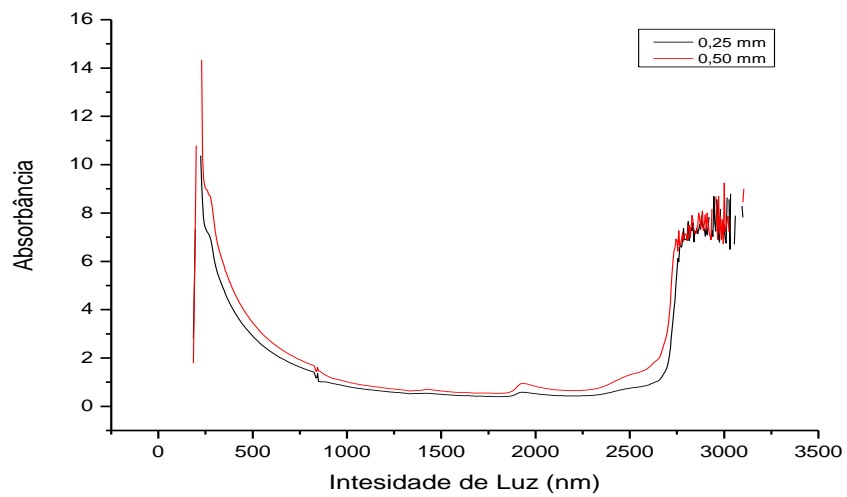


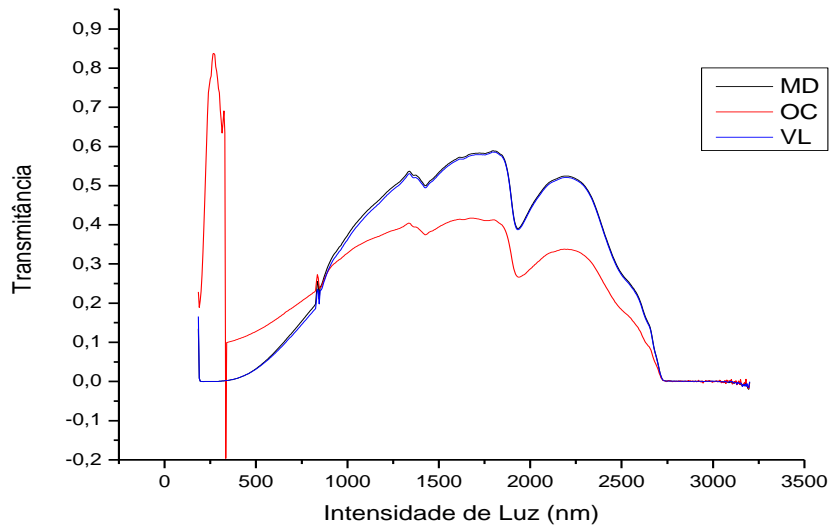
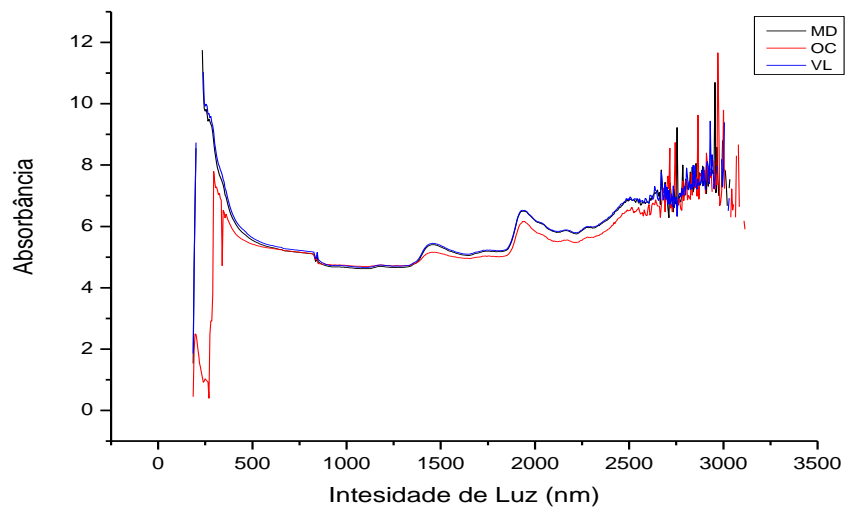
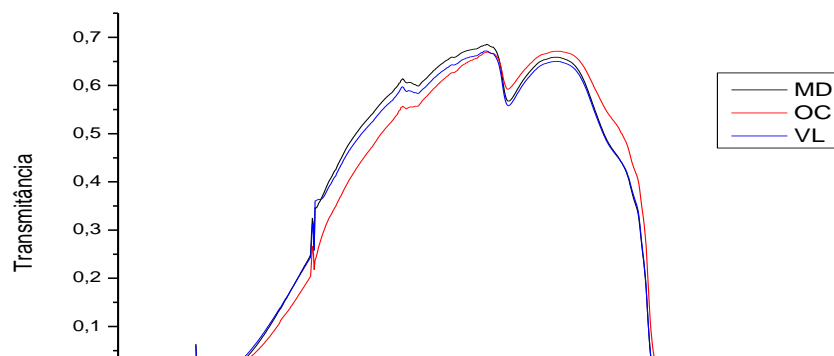


**Gráfico A.8** – Absorbância média no Esmalte sob o corte no sentido MD

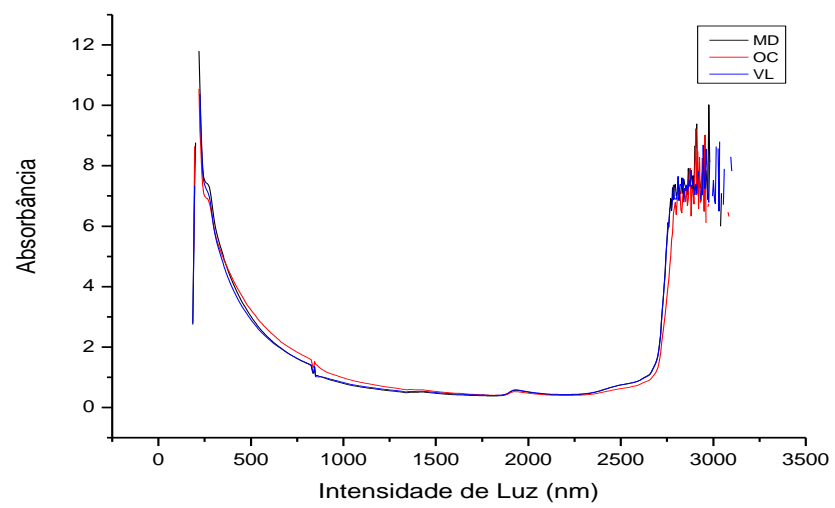


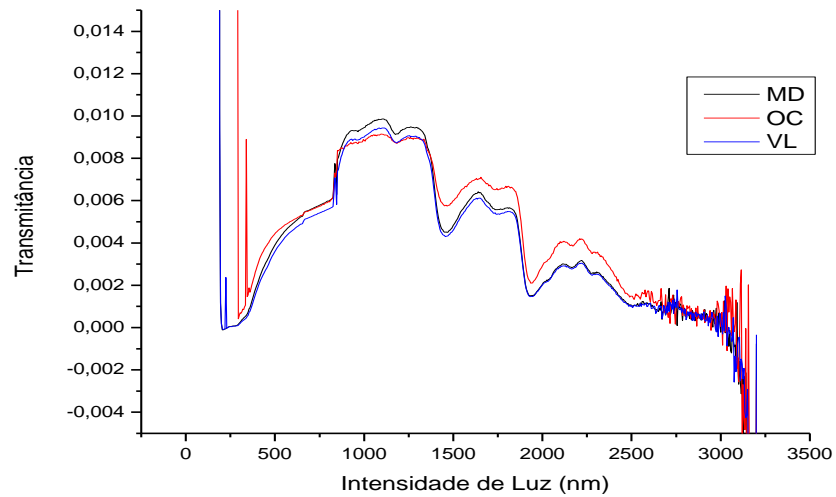
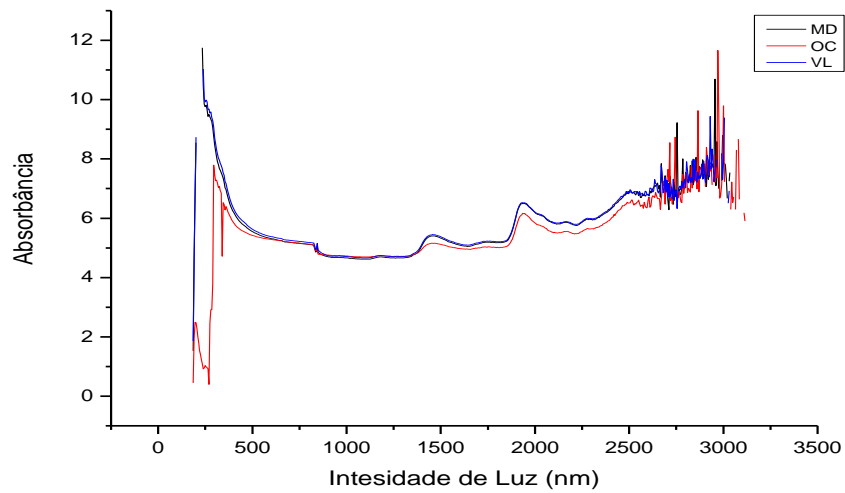
**Gráfico A.9** – Transmitância média no Esmalte sob o corte no sentido OC**Gráfico A.10** – Absorbância média no Esmalte sob o corte no sentido OC

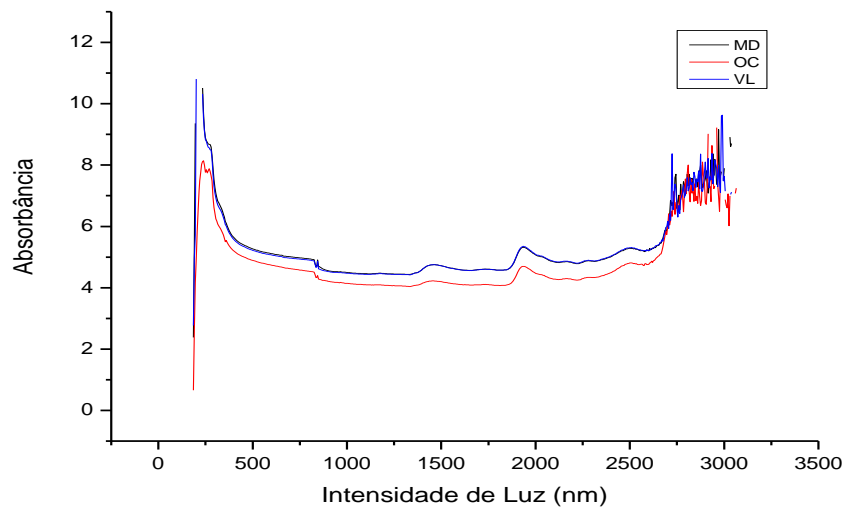
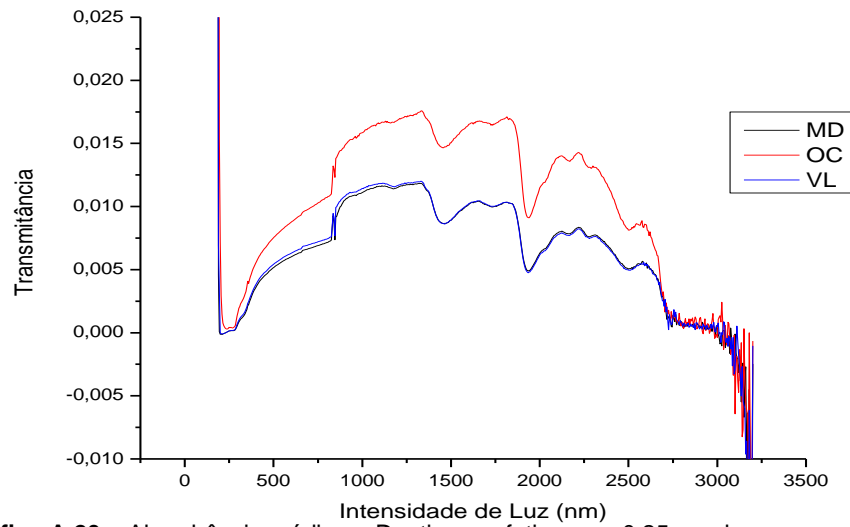
**Gráfico A.11** – Transmitância média no Esmalte sob o corte no sentido VL**Gráfico A.12** – Absorbância média no Esmalte sob o corte no sentido VL

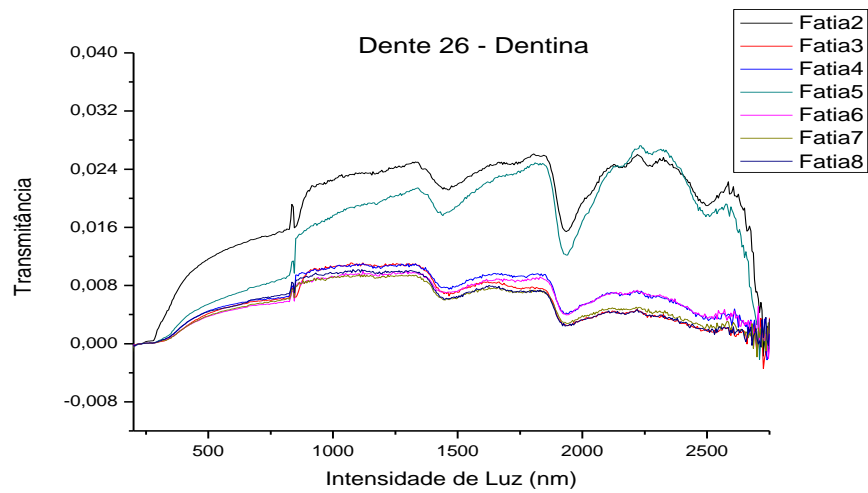
**Gráfico A.13** – Transmitância média no Esmalte em fatias de 0,50mm de espessura**Gráfico A.14** – Absorbância média no Esmalte em fatias de 0,50mm de espessura**Gráfico A.15** – Transmitância média no Esmalte em fatias com 0,25mm de espessura

**Gráfico A.16** – Absorbância média no Esmalte em fatias com 0,25mm de espessura

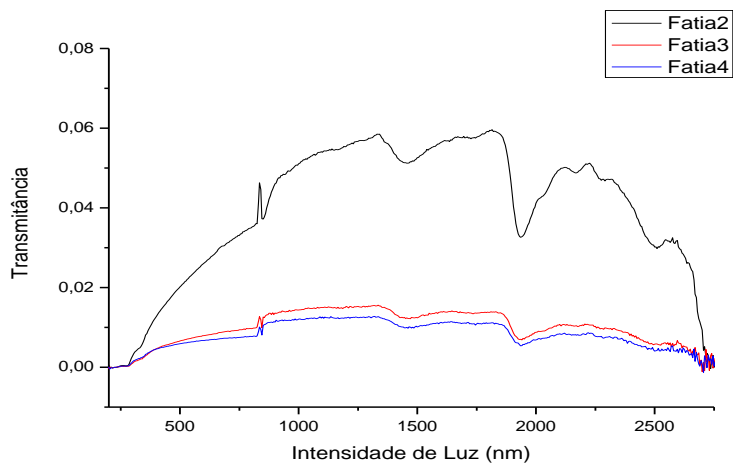


**Gráfico A.17** – Transmitância média na Dentina em fatias com 0,50mm de espessura**Gráfico A.18** – Absorbância média na Dentina em fatias com 0,50mm de espessura**Gráfico A.19** – Transmitância média na Dentina em fatias com 0,25mm de espessura



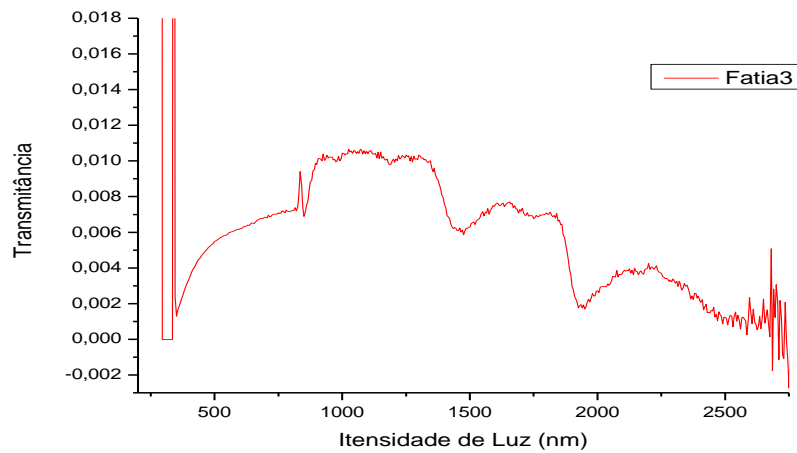


**Gráfico A.22** – Transmitância para as 3 fatias do dente 3, referente à dentina, seccionados no sentido OC e com 0,25mm de espessura

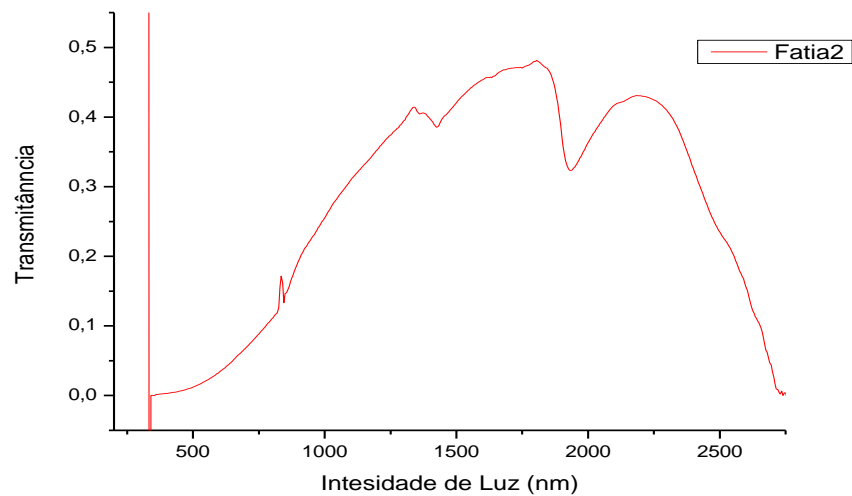


**Gráfico A.23** – Transmitância para a fatia 3 do dente 20, referente à esmalte, seccionados no sentido OC e com 0,50mm de espessura





**Gráfico A.24** – Transmissão para a fatia 2 do dente 11, referente à dentina, seccionados no sentido OC e com 0,50mm de espessura



**APÊNDICE B**  
**Modelo Adotado**

Modelo utilizado para análise inferencial:

$$Y_{ijk} = \mu_{...} + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + \varepsilon_{ijk}$$

onde,

$\mu_{...}$  - a média geral;

$\alpha_i$  - efeito de Corte;

$\beta_j$  - efeito de Espessura;

$(\alpha\beta)_{ij}$  - efeito da interação;

$\gamma_k$  - efeito aleatório de Dente;

com  $i = 1, 2$ ,  $j = 1, 2, 3$  e  $k = 1, \dots, 30$ .

Com as suposições:

$$\sum_i \alpha_i^2 = \sum_j \beta_j^2 = 0,$$

$$\sum_i (\alpha\beta)_{ij} = \sum_j (\alpha\beta)_{ij} = 0,$$

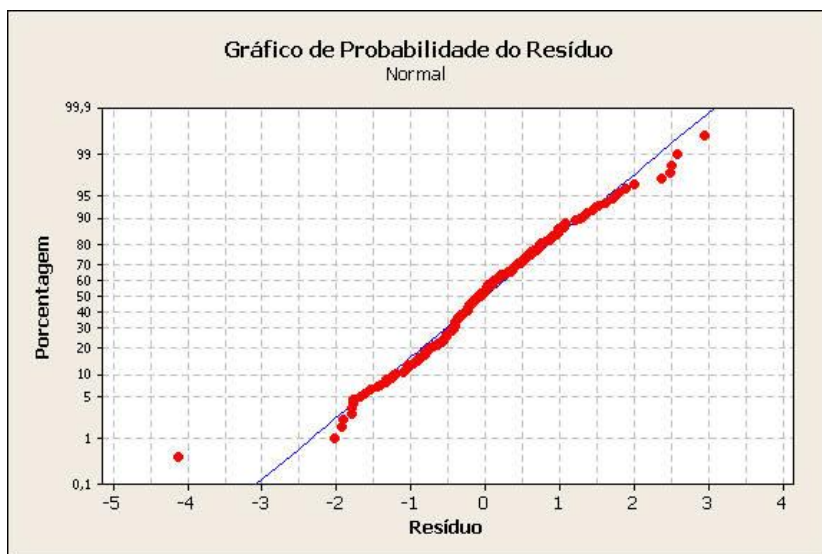
$$\gamma_k \sim N(0; \sigma_k^2),$$

$$\varepsilon_{ijk} \sim N(0; \sigma^2).$$

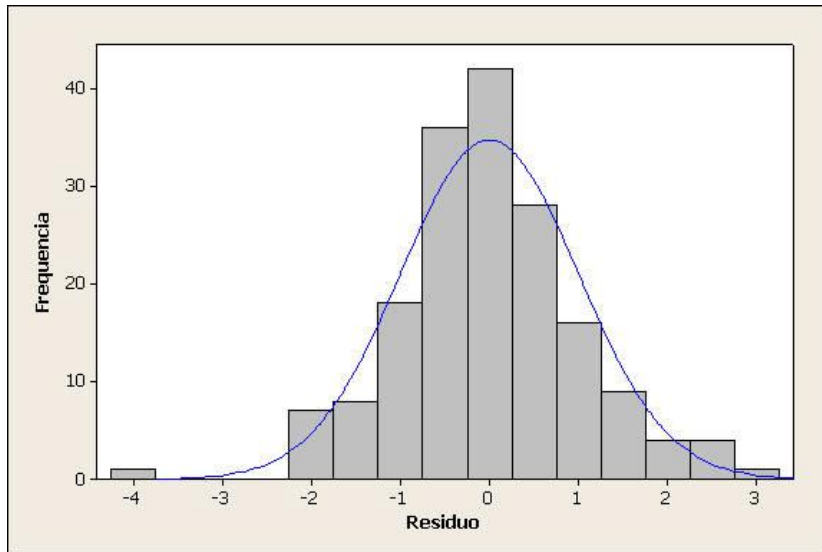
**APÊNDICE C**  
**Análise de Resíduos**

**C.1 - Modelo para Transmitância: Dentina.****Tabela C.1** - Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov para os resíduos.

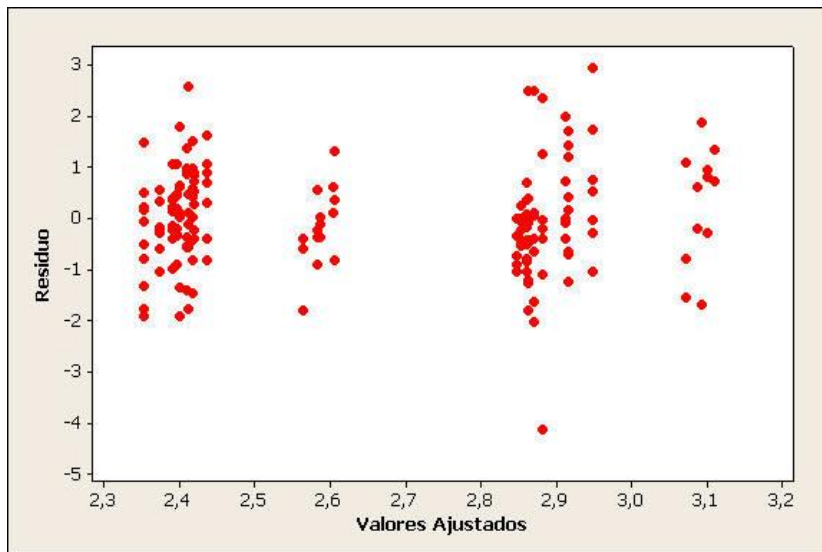
Estatística D	P-valor
0,060362	0,122

**Gráfico C.1** – Gráfico de Probabilidade Normal do Resíduo.

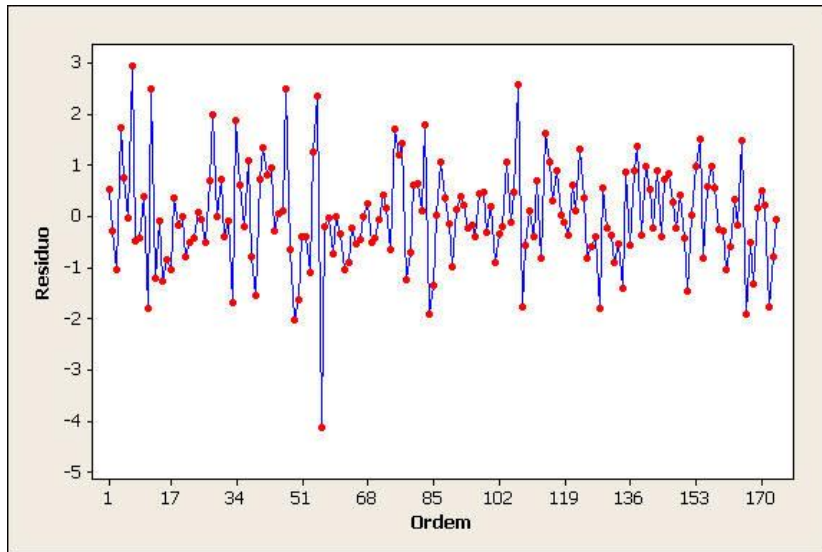
**Gráfico C.2** - Histograma dos resíduos com a curva normal.



**Gráfico C.3** - Valores ajustados contra os resíduos.



**Gráfico C.4** – Gráfico dos resíduos contra a ordem na tabulação dos dados.



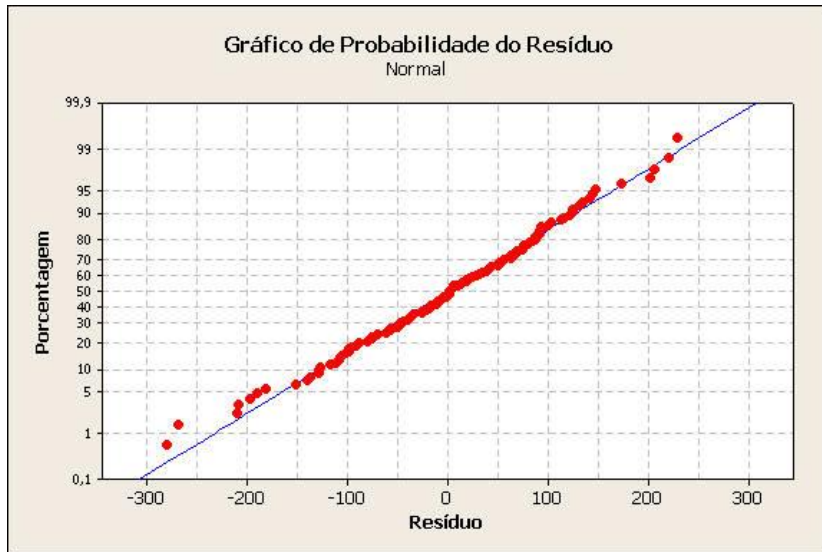
Com o teste de normalidade (Tabela C.1) e pelos gráficos (Gráficos C.1, C.2), aceitamos a hipótese de Normalidade dos resíduos a 5% de significância, por meio do Gráfico C.3 verificamos que há indícios de os resíduos serem homocedásticos. E concluindo as suposições do modelo, o Gráfico C.4 afirma a suposição de independência dos resíduos. Logo, a transformação logarítmica é adequada ao conjunto de dados nesse caso.

## **C.2 - Modelo para Transmitância: Esmalte.**

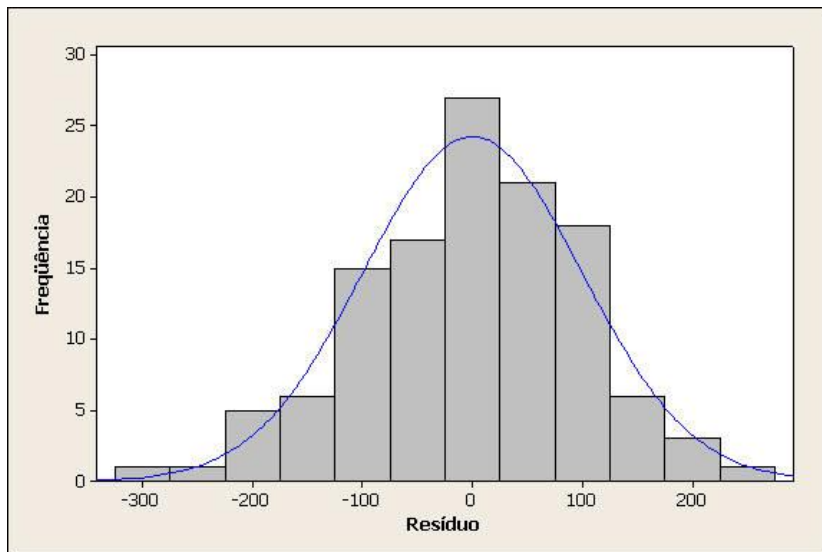
**Tabela C.2** - Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov para os resíduos.

**Estatística D** **P-valor**  
 0,043212 >0,15

**Gráfico C.5 – Gráfico de Probabilidade Normal do Resíduo.**

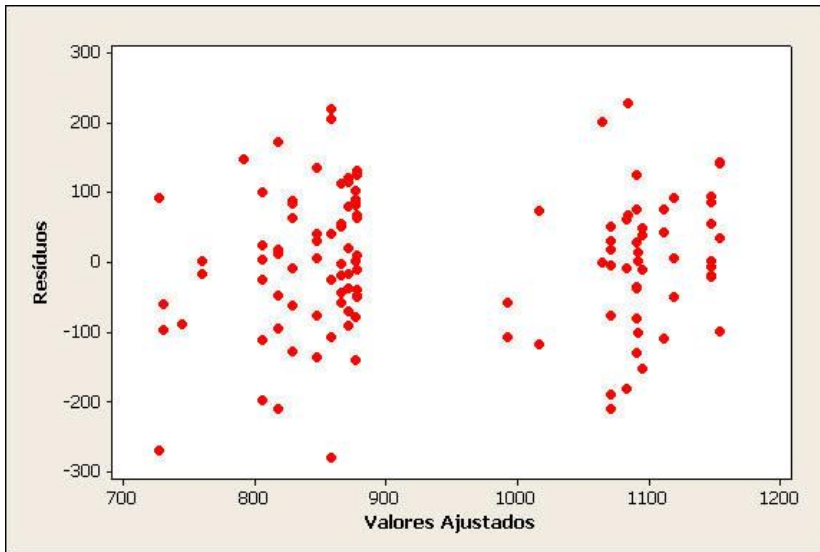


**Gráfico C.6 - Histograma dos resíduos com a curva normal.**

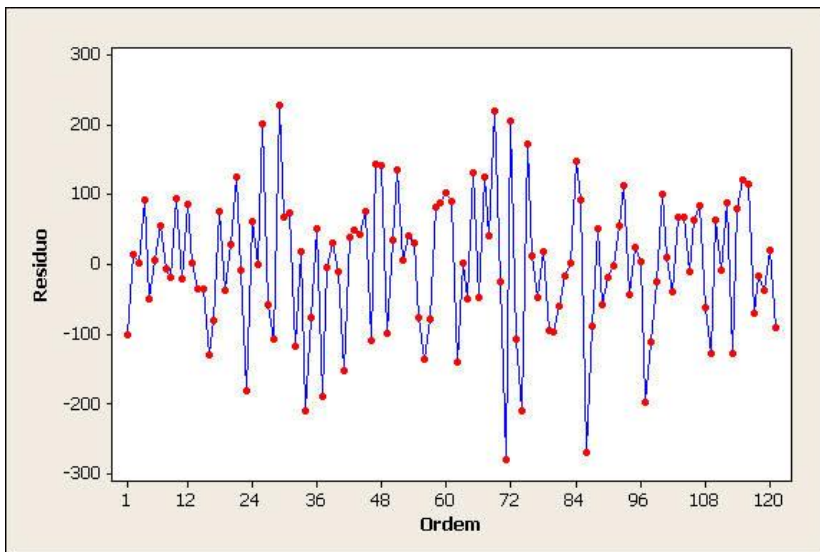




**Gráfico C.7** - Valores ajustados contra os resíduos.



**Gráfico C.8** – Gráfico dos resíduos contra a ordem na tabulação dos dados.



Com o teste de normalidade (Tabela C.2) e pelos gráficos (Gráficos C.5, C.6), aceitamos a hipótese de Normalidade dos resíduos a 5% de significância, por meio do Gráfico C.7 verificamos que há indícios de os resíduos serem homocedásticos. E concluindo as suposições do modelo, o Gráfico C.8 afirma a suposição de independência dos resíduos. Logo, o modelo ajustado satisfaz as suposições necessárias.

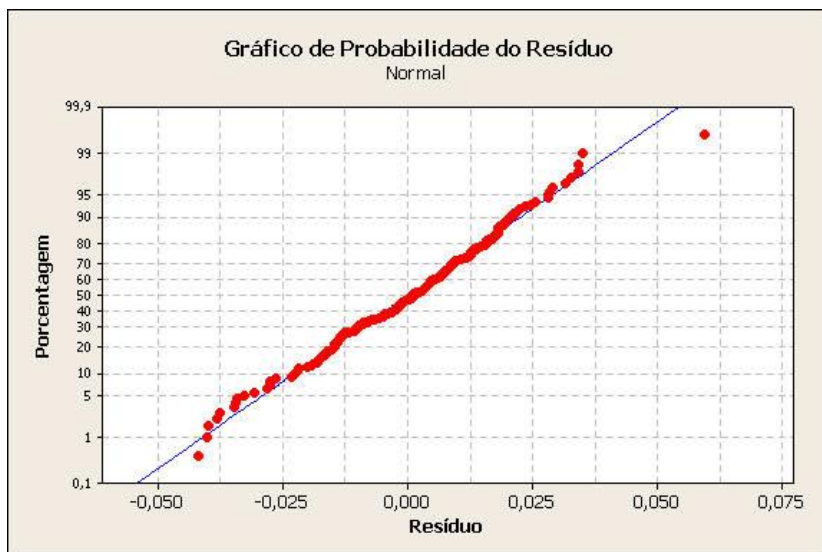
### C.3 - Modelo para Absorbância: Dentina.

**Tabela C.3** - Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov para os resíduos.

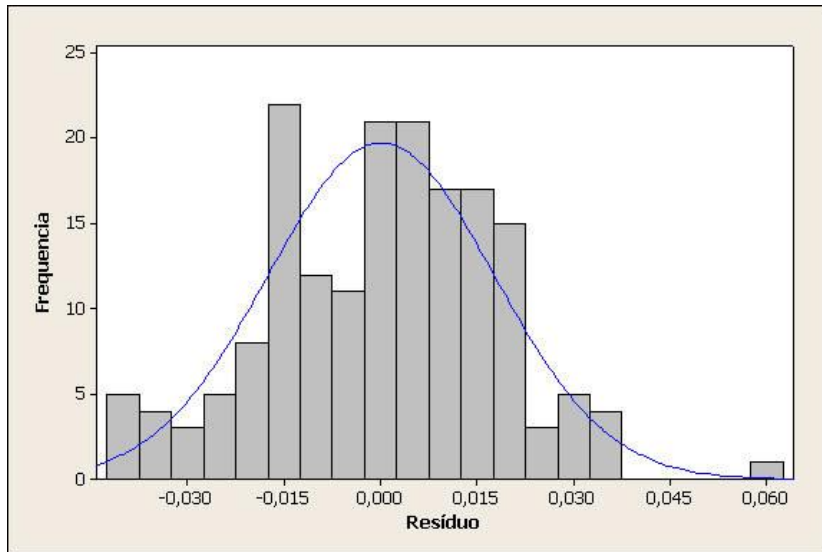
**Estatística D** **P-valor**

0,046016 >0,15

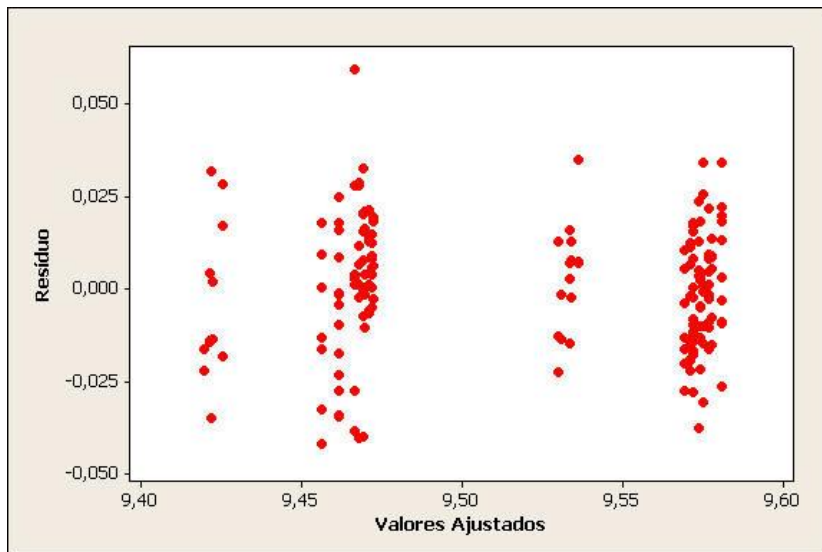
**Gráfico C.9** – Gráfico de Probabilidade Normal do Resíduo.



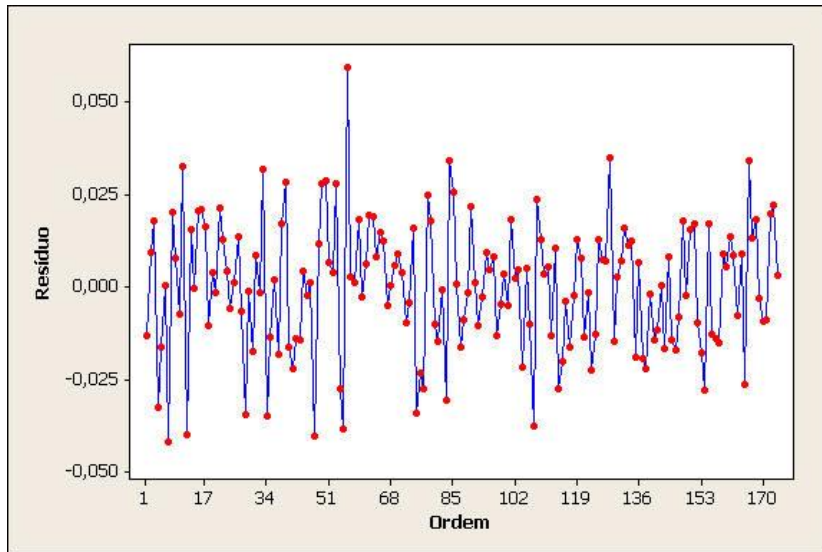
**Gráfico C.10** - Histograma dos resíduos com a curva normal.



**Gráfico C.11** - Valores ajustados contra os resíduos.



**Gráfico C.12** – Gráfico dos resíduos contra a ordem na tabulação dos dados.

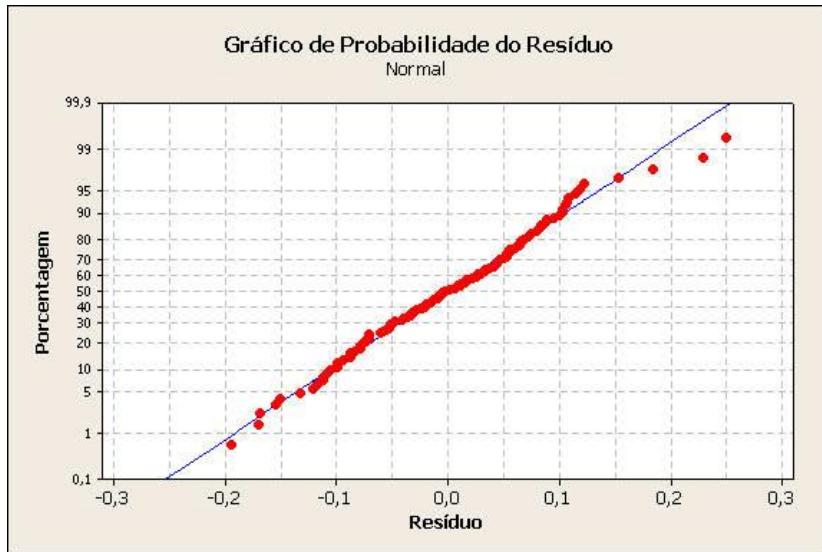
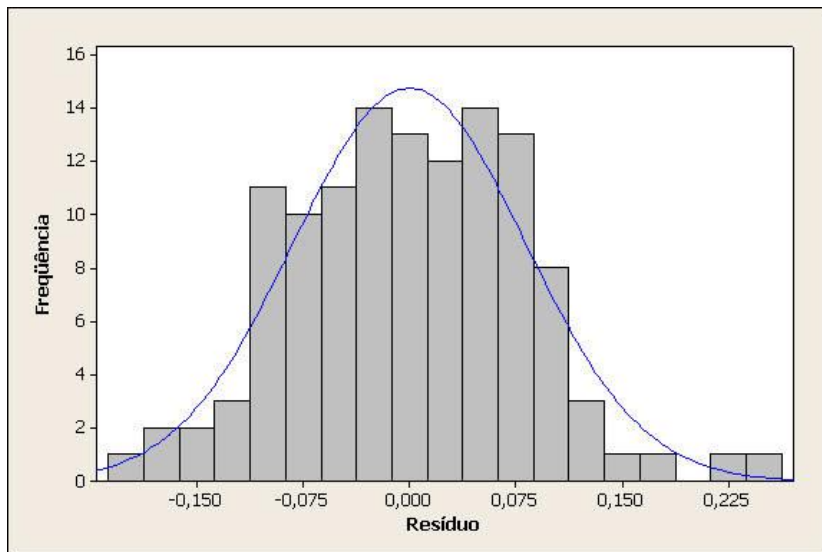


Com o teste de normalidade (Tabela C.3) e pelos gráficos (Gráficos C.9, C.10), aceitamos a hipótese de Normalidade dos resíduos a 5% de significância. Por meio do Gráfico C.11 verificamos que há indícios de os resíduos serem homocedásticos. E concluindo as suposições do modelo, o Gráfico C.12 afirma a suposição de independência dos resíduos. Logo, o modelo ajustado com a transformação logarítmica satisfaz as suposições necessárias.

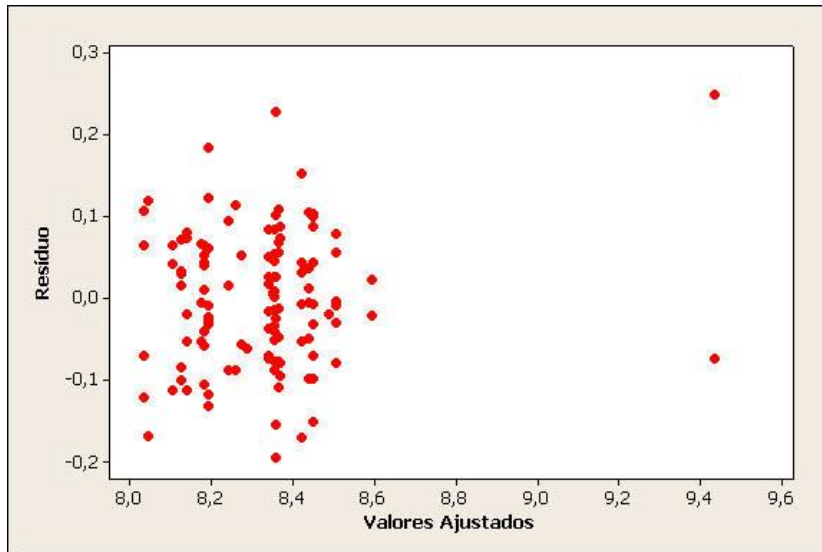
#### **C.4 - Modelo para Absorbância: Esmalte.**

**Tabela C.4** - Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov para os resíduos.

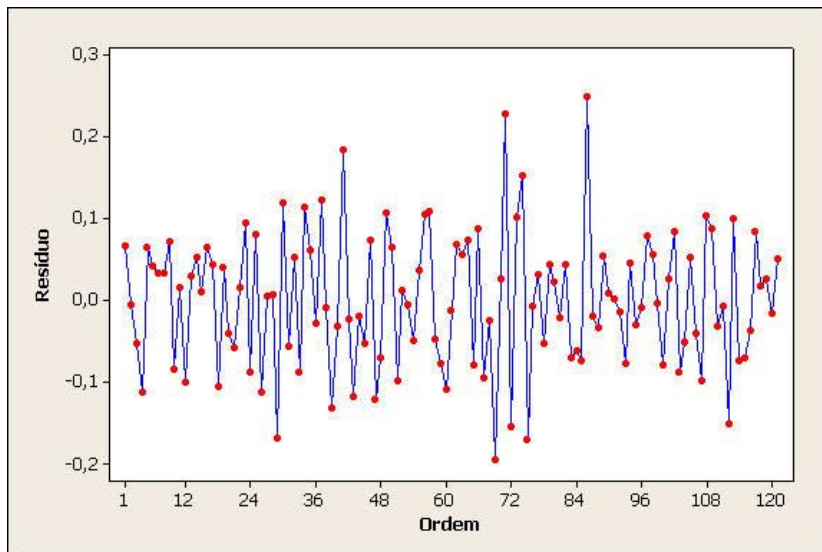
**Estatística D**   **P-valor**  
 0,040768 > 0,15

**Gráfico C.13 – Gráfico de Probabilidade Normal do Resíduo.****Gráfico C.14 - Histograma dos resíduos com a curva normal.**

**Gráfico C.15** - Valores ajustados contra os resíduos.



**Gráfico C.16** – Gráfico dos resíduos contra a ordem na tabulação dos dados.



Com o teste de normalidade (Tabela C.4) e pelos gráficos (Gráficos C.13, C.14), aceitamos a hipótese de Normalidade dos resíduos a 5% de significância. Por meio do Gráfico C.15 verificamos que há indícios de os resíduos serem homocedásticos. E concluindo as suposições do modelo, o Gráfico C.16 afirma a suposição de independência dos resíduos. Logo, o modelo ajustado com a transformação logarítmica satisfaz as suposições necessárias.