



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**



**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA
Monografia de Final de Curso**

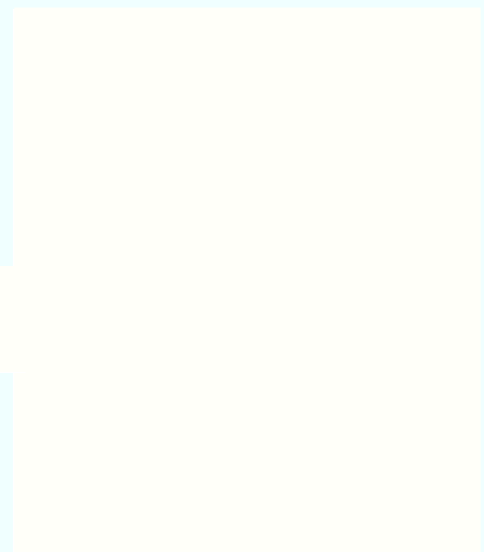
Aluna: Natalia Maria Aparecida Pinto Hernandes

Orientador: Flávio Henrique Baggio Aguiar

Ano de Conclusão do Curso
2008

TCC 445

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
BIBLIOTECA**



NATALIA MARIA APARECIDA PINTO HERNANDES

**DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE AMOSTRAS E INFLUÊNCIA DA
LOCALIZAÇÃO DA INDENTAÇÃO NA DUREZA SUPERFÍCIAL DE UM
COMPÓSITO FOTOATIVADO**

**Monografia apresentada à Faculdade
de Odontologia de Piracicaba –
UNICAMP, para a obtenção do diploma
de Cirurgiã-Dentista.**

Orientador: Prof. Flávio Henrique Baggio Aguiar

PIRACICABA
2008

Dedico este trabalho à minha Família, em especial a minha Mãe, os quais estiveram sempre ao meu lado, me incentivaram e foram os responsáveis por essa conquista

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe Maria Aparecida de Camargo Pinto e meus avós, Wenceslau Barbosa Pinto e Augusta de Camargo Pinto, que com ilimitada dedicação, tudo fizeram em benefício a minha educação.

Ao Professor. Flávio Henrique Baggio Aguiar, pela possibilidade de realizar este trabalho, pela atenção, orientação e pela oportunidade de continuarmos trabalhando juntos.

À Professora Gláucia Maria Bovi Ambrosano, pelo incentivo, colaboração e amizade.

A Giuliana Panfiglio Soares e Vanessa Gallego Arias, por toda atenção e paciência dispensadas durante a realização deste trabalho.

Aos meus amigos, Andréa, Marina, Náthali, Celso, Bárbara e Francesco, pelas risadas nos dias difíceis, pelos conselhos e boas recordações que sempre levarei em meu coração.

Ao Gabriel Bazzeggio da Fonseca, meu amor, pelo apoio, incentivo, amor e dedicação.

“O ontem é apenas um sonho

E o amanhã é apenas uma visão:

O hoje, porém, bem vivido,

*Transforma todo ontem em um sonho de
felicidade*

*E todo amanhã em uma visão de
esperança.*

Portanto, cuide bem do dia de hoje”

Provérbio Sânscrito

SUMÁRIO

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES	2
LISTAS DE TABELAS	3
LISTAS DE PALAVRAS E ABREVIATURAS EM LATIM	5
RESUMO	6
01) INTRODUÇÃO	8
02) PROPOSIÇÃO	12
03) METODOLOGIA	13
3.1 Confeção dos corpos-de-prova	13
3.2 Teste de dureza superficial	14
3.3 Metodologia estatística	15
04) RESULTADOS	17
Tabela 1 -	18
Tabela 2 -	19
Tabela 3 -	20
Tabela 4 -	21
Tabela 5 -	22
Tabela 6 -	23
Tabela 7 -	25
Tabela 8 -	26
Tabela 9 -	27
05) DISCUSSÃO	28
06) CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
APÊNDICE	43

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Amostra com as indentações realizadas. Cinco indentações por região (periférica, intermediária e central). Tanto na superfície de topo, quanto na superfície da base. Totalizando 30 indentações por corpo de prova. 15

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Médias de dureza Knoop (KHN) dos grupos experimentais;	18
Tabela 2 - Poder do teste, em função do número de repetições para o fator de estudo grupo, com os Deltas (KHN);	19
Tabela 3 - Poder do teste (%), em função do número de repetições para o fator de estudo superfície, com os Deltas (KHN);	20
Tabela 4 - Poder do teste (%), em função do número de repetições para o fator de estudo Região, com os Deltas (KHN);	21
Tabela 5 - Poder do teste (%), em função do número de repetições para o fator de estudo grupo, utilizando-se os dados da superfície de topo;	22
Tabela 6 - Poder do teste (%), em função do número de repetições para o fator de estudo região, utilizando-se os dados da superfície de topo;	23
Tabela 7 - Poder do teste (%), em função do número de repetições para o fator de estudo grupo, utilizando-se os dados da superfície de base;	25
Tabela 8 - Poder do teste (%), em função do número de repetições para o fator de estudo região, utilizando-se os dados da superfície de base;	26

Tabela 9 - Poder do teste (%) em função do número de repetições para os fatores de estudo (grupo, superfície e região) com diferentes Deltas (KHN) simulados.

27

LISTAS DE PALAVRAS E ABREVIATURAS EM LATIM

ANOVA – Análise de Variância;

°C – grau Celsius;

Et al – e outros (abreviatura de "et alii");

g. – grama;

LED - Diodo Emissor de Luz;

mm. – milímetro;

mW/cm² – miliwatts por centímetro quadrado;

nm. – nanômetro;

op. cit. – Abreviação de "opere citatum", significando "citado acima";

% - porcentagem;

µm – micrômetro.

RESUMO

A literatura não apresenta uma padronização quanto ao número mínimo de amostras para estudos que utilizam o teste de microdureza. Objetivo: Determinar o tamanho de amostra ideal em delineamento complexo para experimentos de teste de microdureza Knoop em compósito dental, pelo cálculo do poder do teste. Materiais e Métodos: Foram confeccionadas 60 amostras, com um compósito micro-híbrido, divididos em 3 grupos que diferiu na fonte de luz. Com delineamento inteiramente ao acaso e 30 indentações por amostra, os valores de microdureza foram submetidos à análise estatística. Os fatores foram fontes de luz (3 níveis), superfícies (2 níveis), regiões (3 níveis) e indentações (5 níveis), n=20. Os resultados analisados pela ANOVA; os quadrados médios dos resíduos dos fatores de variação e o tamanho de amostra foram calculados fixando-se o poder do teste. Resultados: Houve diferença estatística significativa para os fatores superfície, região e indentação. Para o fator Grupo com efeito de delineamento (delta) de 42,5 ao utilizar n=15 o poder foi para 87%. Para o fator superfície observou-se diferença significativa, sendo que os valores de topo apresentaram a maior variabilidade de resultados quando comparados com os de base. Sendo assim, ao fixar a superfície topo para obter um poder de 88% é necessário 25 espécimes (Delta= 45KHN). Já para a base, 15 espécimes seriam necessário para a obtenção de um poder de 87% (Delta= 7 KHN). Para região, são necessários n=15 (Delta = 7 KHN) para a obtenção de um poder de 87%. Para indentação são necessário n=25 (Delta = 1 KHN) para obter um poder de 86%. Se os valores de Delta for maior de 5(KHN) apenas n=5 são necessários para a obtenção de um

poder maior que 99%. Conclusão: O delineamento influencia na amostras necessárias para a obtenção de um poder adequado, possibilitando a detecção de diferenças significativas.

01) INTRODUÇÃO

A reação de polimerização do compósito dental ocorre pela conversão de moléculas de monômeros numa estrutura de polímeros com ligações cruzadas¹. Quando a canforoquinona, molécula responsável por iniciar a reação de polimerização, absorve um fóton de luz (unidade final da energia luminosa) de comprimento de onda de aproximadamente 467 nm, um elétron desta molécula é impulsionado para um nível de energia maior, deixando-a num estado excitado.²

Assim, a canforoquinona colide com uma amina, e um radical livre é formado. Este radical pode reagir com uma ligação dupla de carbono (C=C) de uma molécula de monômero iniciando assim a reação de polimerização,³ na qual os monômeros que tiveram a dupla ligação de carbono quebrada em um ou nos dois extremos desta molécula reagem com outros monômeros na mesma situação, formando-se moléculas de polímeros.

A formação de macromoléculas de polímeros está associada à contração de polimerização do compósito.⁴ Quanto maior a intensidade da energia luminosa (quantun) usada no processo de fotoativação, mais fótons irão reagir com as moléculas de canforoquinona dentro da matriz resinosa do compósito,

¹ FRIEDL, K. H.; SCHMALZ, G.; HILLER, K. A.; MÄRKL, A. Marginal adaptation of class V restorations with and without softstart-polymerization. *Oper Dent.* 2000; 25, p. 26-32.

² LEHNINGER, A. L. *Princípios de Bioquímica*. São Paulo: Savier S/A editora de livros médicos; 5a edição, 1991.

³ PRICE, R. B.; DÉRAND, T.; LONEV, R. W.; ANDREOU, P. Effect of light source and specimen thickness on the surface hardness of resin composite. *Am J Dent.* 2002, 15, p. 47-53.

⁴ FRIEDL, K. H.; SCHMALZ, G.; HILLER, K. A.; MÄRKL, A. *op. cit.* p. 26-32.

aumentando assim o grau de conversão, isto é, a quantidade de monômeros convertidos em polímeros. Desta forma, a quantidade de energia luminosa é o fator principal para o grau de conversão do compósito⁵.

Entretanto, tem se verificado que o material resinoso não é totalmente polimerizado, pois contém pequena quantidade de monômeros residuais entre as estruturas de polímeros formadas.⁶

Assim como o grau de conversão está relacionado com as propriedades físicas do compósito,⁷ a quantidade de monômeros remanescentes é um co-determinante das propriedades físicas do polímero resultante.⁸

As propriedades físicas de um material restaurador fornecem uma indicação de como o material funcionará sob tensão no ambiente bucal.⁹ A avaliação de dureza é um preciso teste amplamente utilizado para examinar, indiretamente, a polimerização de resina composta, a profundidade de polimerização,¹⁰ e conseqüentemente, a eficiência da fonte de luz.¹¹ A dureza superficial também

⁵ ABADE, P. F.; ZANRA, V. N.; MACCHI, R. L. *Effect of photopolymerization variables on composite hardness*. J Prosthet Dent. 2001; 86, 6, p. 632:635.

⁶ ASMUSSEN, E.; PEUTZFELDT, A. *Influence of pulse-delay curing on softening of polymer structures*. J Dent Res. 2001; 80, 6, p. 1570-1573.

⁷ RUEGGERBERG, F. A.; CAUGHMAN, W. F.; CURTIS JR., J. W. *Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite*. Oper Dent. 1994, 19, p. 26-32.

⁸ ASMUSSEN, E.; PEUTZFELDT, A. *op. cit.* p. 1570-1573.

⁹ COBB, D. S.; VARGAS, M. A.; RUNDLE, T. *Physical properties of composite cured with conventional light or argon laser*. Am J Dent 1996; 9, p. 199-202.

¹⁰ DUNN, W. J.; BUSH, A. C. *A comparison of polymerization by light-emitting diode and halogen-based light-curing units*. J Am Dent Assoc. 2002; 133, 3, p. 335-341.

¹¹ KURACHI, C.; TUBOY, A. M.; MAGALHÃES, D. V.; BAGNATO, V. S. *Hardness evaluation of a dental composite resin polymerized with experimental LED-based devices*. Dent Mater 2001; 17: 309-315.

pode estar relacionada à sua resistência de uso e capacidade de manter a estabilidade de forma.¹²

Entretanto, a literatura não apresenta uma padronização quanto ao tamanho amostral ideal e localização e número de indentações para esse tipo de estudo, apresentando uma grande variabilidade em sua padronização, acarretando em um coeficiente de variação experimental diversificado na literatura.

Sendo assim, a definição de um tamanho amostral envolve um planejamento, que deve considerar as características particulares do estudo e de fatores que podem influenciar na variabilidade do mesmo para a obtenção de conclusões adequadas dos resultados obtidos.

O tamanho de amostra deve ser grande o suficiente para detectar diferenças importantes e obter uma conclusão confiável da pesquisa, por outro lado, amostras muito grandes podem tornar variações irrelevantes em resultados significativos, além de elevar o custo da pesquisa.

O cálculo de tamanho de amostra envolve o conhecimento de conceitos estatísticos, como erro tipo I e tipo II, a probabilidade da ocorrência destes erros, também conhecidos como o valor de Alpha (α) e Beta (β), respectivamente, e o

¹² BAHARAV, H.; ABRAHAM, D.; CARDASH, H. S.; HELFT, M. *Effect of exposure time on the depth of polymerization of a visible light-cured composite resin*. J Oral Rehabil 1988; 15: 167-172.



tamanho significativo do efeito do tratamento, conhecido como Delta (σ).¹³ O número de amostras em estudo de dureza superficial, a variabilidade entre os diferentes tratamentos dos grupos (variabilidade inter-grupos) e o número de grupos são fatores importantes na determinação do poder do teste utilizado.¹⁴

Com isso, uma análise detalhada, baseada nos problemas acima relatados, é necessária para a padronização de certos parâmetros. Desta forma, a obtenção de conclusões adequadas e precisas requer um planejamento adequado, através de um delineamento do estudo cuidadoso.¹⁵

Assim o propósito deste estudo será determinar: o número mínimo de amostras, o número ótimo de parcela experimental (numero de indentações), e a influência da região das indentações nos valores de microdureza.

¹³ MOYE, L. A. *Statistical reasoning in medicine: the intuitive p-value primer*. New York: Springer-Verlag, 2000.

¹⁴ CAPLAN, D. J.; SLADE, G. D.; GANSKY, S. A. *Complex sampling: implications for data analysis*. *J Public Health Dent*. 1999, 59, p. 52-59.

¹⁵ HOENING, J. M.; HEISEY, D. *The abuse of power: the pervasive fallacy of power calculations for data analysis*. *Am Stat*. 2001, 55, p. 19-24.

02) PROPOSIÇÃO

Desta forma, os objetivos deste estudo foram determinar o número mínimo de unidades experimentais (número de amostras), para a variável resposta microdureza pelo método poder do teste, e avaliar a influência da região das indentações nos valores de microdureza, por meio da utilização da análise de variância em parcela subdividida.

03) METODOLOGIA

3.1 Confeção dos corpos-de-prova

Para a realização deste estudo, foram confeccionados 60 corpos-de-prova do compósito Charisma (Heraeus Kulzer), à temperatura e umidade relativa controlada. Para isso, matrizes de teflon individualizadas foram utilizadas, tendo cada matriz a forma de um tronco de cilindro, medindo 02 mm de altura por 15 mm de diâmetro, com um orifício central de 05 mm de diâmetro.

A obtenção das amostras foi realizada através da inserção do compósito, em um único incremento, no orifício central da matriz. Uma matriz de poliéster foi colocada sobre a matriz de teflon e um peso de 500g foi posicionado sobre a matriz por 5 segundos. O incremento de compósito foi fotoativado, de acordo com os grupos experimentais.

Especificidade da luz do aparelho de fotoativação em três níveis:

- LED de 3ª geração com intensidade de luz de 800 mW/cm^2 (Ultra-Lume LED 5 –Utradent);
- LED de 2ª geração com intensidade de luz de 1100 mW/cm^2 (Bluephase –Vivadent);
- Halógena com intensidade de luz de 500 mW/cm^2 (XL 3000 –3M - Espe).

Os corpos-de-prova foram removidos da matriz, identificados e devidamente armazenados numa estufa, a 37°C e 95% de umidade relativa do ar ambiental, por um período de 24 horas.

Decorrido o prazo de 24 horas, o acabamento dos compósitos foi realizado utilizando com lixa de óxido de alumínio de granulação numeração 1200, em politriz (APL-4 Arotec) refrigerada com água, até se obteve uma superfície plana. Os corpos-de-prova foram mantidos imersos em água destilada em recipiente escuro, à temperatura de 37°C, por um período de 24 horas. Decorrido este tempo, o teste de dureza superficial foi realizado.

3.2 Teste de dureza superficial

As mensurações de microdureza foram realizadas 48 horas após a confecção dos corpos-de-prova. As medidas foram realizadas nas duas superfícies planas dos corpos-de-prova (superfície superior - topo, e inferior - base) com um microdurômetro FM (Future Tech Corp., Japão) e penetrador Knoop, utilizando-se carga de 25 gramas durante 10 segundos.¹⁶ A medida de microdureza foi realizada na superfície superior e inferior da amostra.

Quinze indentações foram realizadas em cada superfície do corpo-de-prova (base e topo), estando o longo eixo do penetrador perpendicular à superfície. Cinco indentações por região (regiões periférica, intermediária e

¹⁶ CORRER SOBRINHO, L.; LIMA, A. A.; CONSANI, S.; SINHORETI, M. A. C.; KNOWLES J. C. (a). *Influence of curing tip distance on composite Knoop hardness values*. Braz Dent J. 2000.

central) foram feitas a uma distancia de $500\mu\text{m}$ da matriz de teflon e $1000\mu\text{m}$ entre cada região, e com $200\mu\text{m}$ de distância entre as indentações da mesma região (Figura 1).

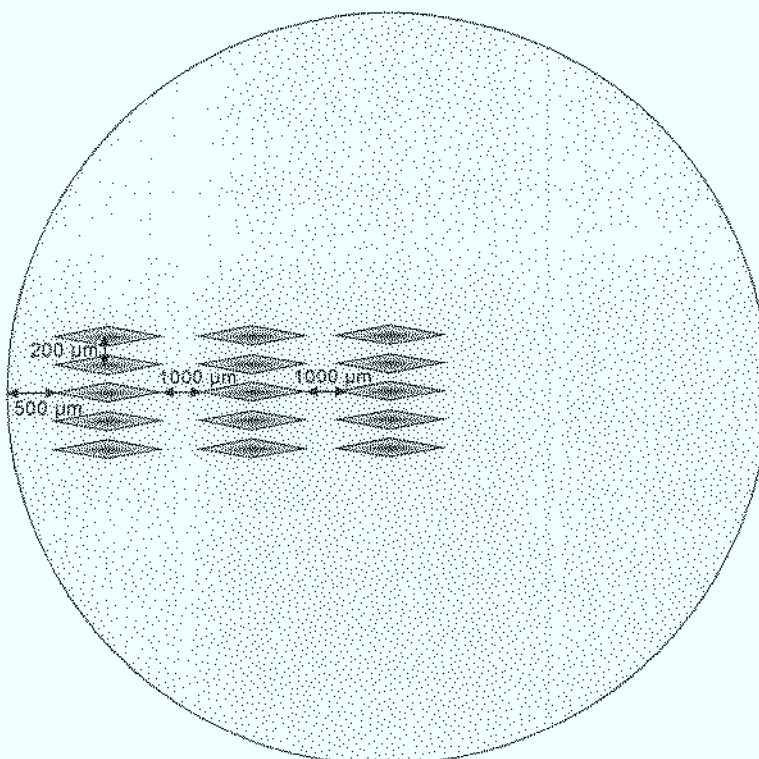


Figura 1 - Amostra com as indentações realizadas. Cinco indentações por região (periférica, intermediária e central). Tanto na superfície de topo, quanto na superfície da base. Totalizando 30 indentações por corpo de prova.

3.3 Metodologia estatística

Para o cálculo do poder foi considerado o delineamento de tratamentos utilizado no experimento, ou seja, parcela sub sub dividida. Sendo as parcelas representadas pelos grupos em 03 níveis, as subparcelas representadas pelas superfícies (topo e base) em 02 níveis, as sub sub parcelas pelas regiões

(periferia, intermediária e central) em 03 níveis.

Foi utilizado o software SAS versão 9.1 (2003) e a macro do programa SAS, Power Analysis for ANOVA Designs. Adicionalmente, foram simulados diferentes Deltas, adotando-se 0,25, 0,5, 1,0 e 1,25 para o cálculo do poder do teste em função do número de repetições com um delineamento experimental semelhante ao realizado experimentalmente. Ou seja, parcela sub sub dividida e os mesmos procedimentos citados acima para o cálculo do poder foram realizados.

04) RESULTADOS¹⁷

O ANOVA não revelou diferenças significantes entre especificidade de luz e região das indentações, para a superfície de topo. Para a superfície de base, houve diferenças estatísticas entre os fatores. Para todas as regiões de indentação, os grupos fotoativados com LED de 3ª geração apresentaram médias de dureza estatisticamente superiores aos grupos fotoativados com luz halógena.

Os grupos fotoativados com LED de 2ª geração não apresentaram diferenças significantes dos fotoativados com LED de 3ª geração em todas as regiões. Quando comparados aos grupos fotoativados com luz halógena, os grupos de LED 2ª geração só não apresentaram diferenças para a região periférica.

Quando se comparou a região de indentação, houve diferença estatística somente na superfície de base, sendo que para todos os modos de fototivação, a região central apresentou dureza significativamente maior que a região periférica.

A região intermediária não apresentou diferenças estatísticas para as outras regiões, para os grupos fotoativados com luz halógena, e apresentou resultados intermediários, com diferenças estatísticas para as outras regiões, para os grupos fotoativados com LEDs de 2ª e 3ª geração.

¹⁷ Os resultados do teste de microdureza estão apresentados na Tabela 1

Houve diferença significativa entre as superfícies, sendo que, para todas as condições experimentais, a superfície de topo apresentou médias de dureza estatisticamente superiores à superfície de fundo.

Tabela 1 - Médias de dureza Knoop (KHN) dos grupos experimentais

Superfície	Especificidade da Luz	Região de Indentação		
		Periférica	Intermediária	Central
Topo	LED 3ª geração	47,10* (6,8) Aa	46,83* (8,5) Aa	55,66* (10) Aa
	LED 2ª geração	56,68* (13,7) Aa	57,59* (12,7) Aa	55,66* (12,8) Aa
	Halógena	46,12* (12,7) Aa	51,69* (9,0) Aa	56,15* (7,6) Aa
Base	LED 3ª geração	20,35 (1,9) Ca	22,30 (2,4) Ba	24,42 (2,2) Aa
	LED 2ª geração	17,41 (4,9) Cab	18,65 (4,9) Ba	20,18 (3,9) Aa
	Halógena	12,80 (2,0) Bb	13,31 (2,1) ABb	14,23 (2,6) Ab

Simularam-se situações para o fator grupo de acordo com as condições experimentais, na tentativa de se determinar o número mínimo de amostras, detectando-se diferença estatística significativa. Seriam necessárias 25 amostras, com um Delta de 34 (KHN) para obter um poder de teste de 88%. Entretanto, se a diferença entre os grupos fosse de 42,5 (KHN) seriam necessários 15 corpos-de-prova para obter um poder de 87%.

Diferenças entre as médias, ou seja, variações inter-grupos inferiores a esses citados, mesmo ao utilizar 30 amostras por grupos não seriam suficientes para obter um poder de teste adequado, conforme demonstrado na tabela 2.

Tabela 2 - Poder do teste, em função do número de repetições para o fator de estudo grupo, com os Deltas (KHN).

Fator de estudo	Número de repetições	Delta em KHN (%)				
		8,5 (25)	17 (50)	25,5 (75)	34 (100)	42,5 (125)
Grupo	5	0,059	0,088	0,141	0,221	0,325
	10	0,071	0,143	0,275	0,457	0,654
	15	0,086	0,213	0,434	0,686	0,874
	20	0,097	0,261	0,531	0,793	0,941
	25	0,110	0,321	0,638	0,882	0,979
	30	0,124	0,380	0,726	0,936	0,992

Para o fator superfície, com um Delta de 16 (KHN) seriam necessárias 25 amostras para a obtenção de um poder de 86%. Entretanto, com uma variação intergrupos de 24 (HKN), apenas 10 amostras seriam suficientes para a obtenção de um poder de 81%, conforme demonstrado na tabela 3.

Tabela 3 - Poder do teste (%), em função do número de repetições para o fator de estudo superfície, com os Deltas (KHN).

Fator de estudo	Número de repetições	Delta (%)				
		8 (25)	16 (50)	24 (75)	32 (100)	40 (125)
Superfície	5	0,10	0,259	0,504	0,747	0,907
	10	0,158	0,476	0,814	0,967	>0,99
	15	0,227	0,678	0,953	0,998	>0,99
	20	0,273	0,775	0,982	>0,99	>0,99
	25	0,330	0,860	>0,99	>0,99	>0,99
	30	0,385	0,915	>0,99	>0,99	>0,99

Para o fator região, para detectar diferença estatística significativa seriam necessárias 15 amostras, com um Delta de 5,5 KHN para obter um poder de teste de 87%. Entretanto, se a variação entre as regiões for de 8,25 KHN apenas 05 amostras são necessárias para a obtenção de um poder de 95%, conforme demonstrado na tabela 4.

Tabela 4 - Poder do teste (%), em função do número de repetições para o fator de estudo Região, com os Deltas (KHN).

Fator de estudo	Numero de repetições	Delta (%)				
		2,75 (25)	5,5 (50)	8,25 (75)	11 (100)	13,75 (125)
Região	5	0,227	0,678	0,952	>0,99	>0,99
	10	0,210	0,679	0,962	>0,99	>0,99
	15	0,318	0,879	>0,99	>0,99	>0,99
	20	0,389	0,942	>0,99	>0,99	>0,99
	25	0,474	0,978	>0,99	>0,99	>0,99
	30	0,552	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99

Outro dado interessante foi observado em superfície. Os resultados de superfície demonstraram que o topo apresentou uma variabilidade maior que a base, interferindo na variabilidade intra-grupos.

Desta forma, realizou o cálculo do poder do teste desmembrando as duas superfícies para observar possíveis interferências nos cálculos de tamanho de amostra para esta variável, conforme demonstrado nas tabelas 5, 6, 7, 8 e 9.

Ao fixar a superfície de topo, observou que para um Delta de 45 KHN seria necessário de 25 amostras para obter-se um poder de 88%, conforme demonstrado na tabela 5. Para região, com um Delta de 7 KHN entre os grupos seriam necessárias 15 amostras para a obtenção de um poder de 87%.

Entretanto, se a diferença entre os grupos fosse superior a 7KHN o número de amostras necessárias para a obtenção de um poder adequado seria menor que 15, podendo utilizar 5 amostras, conforme demonstra a tabela 6.

Tabela 5 - Poder do teste (%), em função do número de repetições para o fator de estudo grupo, utilizando-se os dados da superfície de topo.

Fator de estudo	Numero de repetições	Delta (%)				
		11,2 (25)	22,5 (50)	33,8 (75)	45 (100)	56,2 (125)
Grupo	5	0,059	0,088	0,141	0,221	0,325
	10	0,071	0,143	0,275	0,457	0,654
	15	0,086	0,213	0,434	0,686	0,874
	20	0,097	0,261	0,531	0,793	0,941
	25	0,110	0,321	0,638	0,882	0,979
	30	0,124	0,380	0,726	0,936	0,992

Tabela 6 - Poder do teste (%), em função do número de repetições para o fator de estudo região, utilizando-se os dados da superfície de topo.

Fator de estudo	Numero de repetições	Delta (%)				
		3,5 (25)	7 (50)	10,5 (75)	14 (100)	17,5 (125)
Região	5	0,227	0,678	0,952	>0,99	>0,99
	10	0,210	0,679	0,962	>0,99	>0,99
	15	0,318	0,879	>0,99	>0,99	>0,99
	20	0,389	0,942	>0,99	>0,99	>0,99
	25	0,474	0,978	>0,99	>0,99	>0,99
	30	0,552	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99

Ao fixar os valores da superfície de base e excluir os valores de topo, observou-se que para o fator de estudo grupo uma diferença (Delta) de 13KHN seriam necessárias 25 amostras para obtenção de um poder de 88%, conforme demonstra a tabela 7.

Se compararmos com os dois valores de base e topo para o fator grupo (tabela 1) para a obtenção de um poder de 88% também seriam necessárias 25 amostras. Entretanto, o Delta entre os grupos deve ser de 34KHN para que essa

diferença entre grupos fosse detectada. Assim, pode-se observar que os valores de topo interferem na variabilidade experimental, necessitando de um maior número de amostras por grupo quando esta superfície (topo) for utilizada nos estudos de dureza.

Já para o fator região, quando a diferença entre os grupos for de 2KHN, são necessárias 15 amostras para a obtenção de um poder de 87%. Se a diferença entre as regiões for de 3KHN, apenas 05 amostras são suficientes para a detecção desta diferença, apresentando um poder de 95%, conforme demonstrado na tabela 8.

Tabela 7 - Poder do teste (%), em função do número de repetições para o fator de estudo grupo, utilizando-se os dados da superfície de base.

Fator de estudo	Numero de repetições	Delta (%)				
		3,3 (25)	6,5 (50)	9,8 (75)	13 (100)	16,2 (125)
Grupo	5	0,059	0,088	0,141	0,221	0,325
	10	0,071	0,143	0,275	0,457	0,654
	15	0,086	0,213	0,434	0,686	0,874
	20	0,097	0,261	0,531	0,793	0,941
	25	0,110	0,321	0,638	0,882	0,979
	30	0,124	0,380	0,726	0,936	0,992

Tabela 8 - Poder do teste (%), em função do número de repetições para o fator de estudo região, utilizando-se os dados da superfície de base.

Fator de estudo	Número de repetições	Delta (%)				
		1 (25)	2 (50)	3 (75)	4 (100)	5 (125)
Região	5	0,227	0,678	0,952	>0,99	>0,99
	10	0,210	0,679	0,962	>0,99	>0,99
	15	0,318	0,879	>0,99	>0,99	>0,99
	20	0,389	0,942	>0,99	>0,99	>0,99
	25	0,474	0,978	>0,99	>0,99	>0,99
	30	0,552	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99

Para os dados simulados, observou-se que para detectar diferenças estatísticas, utilizando-se 05 amostras, seria detectado apenas para região, com um delta de 0,75 KHN com poder de 95%. Entretanto, a sub parcela superfície e a parcela grupo, apresentariam um poder inferior a 80% com 05 amostras por grupo.

Se o número de amostras aumentasse para 10, apresentando o mesmo delta de 0,75KHN, a subparcela superfície apresentaria um poder de 81%. Para a detecção de diferenças significativas para a parcela grupo, seriam necessárias 25 amostras com um Delta de 01 KHN para obter um poder de 88%, conforme demonstrou a tabela 9.

Tabela 9 - Poder do teste (%) em função do número de repetições para os fatores de estudo (grupo, superfície e região) com diferentes Deltas (KHN) simulados.

Número de repetições	Fator de estudo	Delta ¹⁸ (%)				
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25
5	Grupo	0,059	0,088	0,141	0,221	0,325
	Superfície	0,10	0,259	0,504	0,747	0,907
	Região	0,227	0,678	0,952	>0,99	>0,99
10	Grupo	0,071	0,143	0,275	0,457	0,654
	Superfície	0,158	0,476	0,814	0,967	>0,99
	Região	0,210	0,679	0,962	>0,99	>0,99
15	Grupo	0,086	0,213	0,434	0,686	0,874
	Superfície	0,227	0,678	0,953	0,998	>0,99
	Região	0,318	0,879	>0,99	>0,99	>0,99
20	Grupo	0,097	0,261	0,531	0,793	0,941
	Superfície	0,273	0,775	0,982	>0,99	>0,99
	Região	0,389	0,942	>0,99	>0,99	>0,99
25	Grupo	0,110	0,321	0,638	0,882	0,979
	Superfície	0,330	0,860	>0,99	>0,99	>0,99
	Região	0,474	0,978	>0,99	>0,99	>0,99
30	Grupo	0,124	0,380	0,726	0,936	0,992
	Superfície	0,385	0,915	>0,99	>0,99	>0,99
	Região	0,552	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99

¹⁸ Delta é igual a diferença mínima significativa/desvio padrão. Por sua vez, Desvio Padrão é a raiz quadrada do quadrado médio do resíduo.

05) DISCUSSÃO

Este estudo verificou duas hipóteses experimentais: primeiramente, se a região das indentações influencia os valores de microdureza; em seguida, se o número mínimo de unidades experimentais (número de amostras) pode interferir nos resultados de microdureza.

A primeira hipótese testada foi parcialmente aceita, pois houve diferenças estatísticas significantes entre as diferentes regiões de indentações, apenas na superfície de base. Não houve diferenças estatísticas significantes entre as regiões, na superfície de topo.

Além deste fator, outro dois fatores foram estudados: a influência da especificidade de luz sobre a dureza; e se há diferença de dureza e comportamento entre as superfícies de base e topo.

Houve diferenças estatísticas significantes entre os modos de fotoativação (especificidade de luz) somente na superfície de base. E, para todas as condições estudadas, a superfície de topo apresentou maior média de dureza e com diferenças estatísticas, quando comparada com a superfície de fundo.

A resina composta tem a capacidade de atenuar a intensidade de luz que passa pelo corpo de prova, diminuindo a efetividade de polimerização da

amostra¹⁹, pois o corpo da amostra tem a propriedade de dispersar a luz que chega à superfície de topo.

À medida que a luz vai atravessando o compósito, a incidência radiante de luz vai sendo reduzida, até a superfície de base²⁰. Assim, com a incidência radiante menor, diferenças entre os fatores estudados ficaram mais evidentes na superfície de base da amostra.

Quando se comparou a influência das diferentes regiões de indentação na superfície de base, a região central apresentou os maiores valores de dureza, com diferença estatística para a região periférica para todos os modos de fotoativação, e com diferenças para a região intermediária apenas para os grupos foram ativados com LEDs.

A região periférica, mais próxima da matriz de teflon, apresentou valores de dureza significativamente menores quando comparados às outras regiões, com exceção a região intermediária, fotoativada com luz halógena.

¹⁹ PRATI C.; CHERSONI S.; MONTEBUGNOLI L.; MONTANARI G. Effect of the air, dentin and resin-based composite thickness on light intensity reduction. *Am J Dent.* 1999; 12(5), p. 231-234.

²⁰ PRATI, *et al.*, *op. cit.* p. 231-234; CORRER SOBRINHO L.; LIMA A. A.; CONSANI S.; SINHORETI M. A. C.; KNOWLES J. C. (a). *Influence of curing tip distance on composite Knoop hardness values.* *Braz Dent J.* 2000, 11(1), p. 11-17. Bem como em: YOON T. H.; LEE Y. K.; LIM B. S.; KIM C. W. *Degree of polymerization of resin composite by different light sources.* *J. Oral Rehabil.* 2002; 29, p. 1165-1173; Outrossim: YAP, A. U. J.; WONG N. Y.; SIOW K. S. *Composite cure and shrinkage associated with high intensity curing light.* *Oper Dent.* 2003; 28, p. 357-364.

Segundo Uçtasli *et al.*²¹, quando a resina composta é pressionada por uma tira matriz de poliéster, esta superfície fica rica em parte orgânica, com afastamento da parte inorgânica.

Isso poderia explicar os resultados da região periférica, pois quando as amostras foram confeccionadas, toda a área periférica, incluindo as superfícies de topo e base, foram pressionadas contra matriz de teflon, lamínula de vidro (superfície de base) ou matriz de poliéster (superfície de topo), aflorando parte orgânica, e concentrando parte inorgânica para a região central do corpo de prova, assim, houve um decréscimo de dureza, quando se realizou a indentação da região central para a região periférica.

A especificidade de luz também afetou a dureza na superfície de base. Neste estudo, utilizou-se dois aparelhos fotoativadores LEDs de 2ª e 3ª geração. Estes tipos de aparelho emitem luz com espectro reduzido, variando entre 440 e 480 nm.²²

Destarte, esta energia luminosa é altamente eficaz para a molécula de canforoquinona, que tem maior excitação com luz de comprimento de onda de 467

²¹ UÇTAŞLI M. B.; ARISU H. D.; OMÜRLÜ H.; ELIGÜZELOĞLU E.; OZCAN S.; ERGUN G. *The effect of different finishing and polishing systems on the surface roughness of different composite restorative materials.* J. Contemp Dent Pract. 2007; 8 (2), p.89-96.

²² HOFMANN N.; HUGO B.; KLAIBER B. *Effect of irradiation type (LED or QTH) on photo-activated composite shrinkage strain kinetics, temperature rise, and hardness.* Eur J Oral Sci. 2003; 111. p. 471-479.

nm.²³ A diferença entre as gerações está no fato do LED de 3ª geração apresentar um segundo espectro de luz, variando entre 380 e 410 nm., buscando atingir outros fotoiniciadores utilizados como opção à canforoquinona.

Nas regiões centrais e intermediárias, os grupos fotoativados por LEDs apresentaram maiores médias de dureza, quando comparados aos grupos fotoativados por luz halógena. Além do espectro de luz coincidente com o pico máximo de absorção de luz da canforoquinona, os aparelhos de LED de 2ª e 3ª geração apresentam incidência radiante maiores que o aparelho de luz halógena: 1100 mW/cm², 800 mW/cm² e 500 mW/cm², respectivamente.

Na região periférica, o LED de 2ª geração apresentou valores intermediários, sem diferenças estatísticas para os outros grupos. Nesta região, há uma maior concentração de matriz orgânica, conseqüentemente maior concentração de fotoiniciador, favorecendo uma melhor polimerização. Isto pode ter aproximado a dureza dos grupos fotoativados com diferentes aparelhos.

Pode-se ainda especular a existência de um segundo fotoiniciador, uma vez que o compósito utilizado foi de cor A2 para esmalte. A canforoquinona apresenta coloração amarelo-canário²⁴, não podendo ser utilizada em grande quantidade em resinas de cores claras e translúcidas. Assim, poder-se especular que este

²³ KURACHI C.; TUBOY, A. M.; MAGALHÃES, D. V.; BAGNATO V. S. *Hardness evaluation of a dental composite resin polymerized with experimental LED-based devices*. Dent Mater 2001; 17, p. 309-315.

²⁴ BRACKETT M. G.; BRACKETT W. W.; BROWNING W. D.; RUEGGEBERG F. A. *The effect of light curing source on the residual yellowing of resin composites*. Oper. Dent. 2007; 32(5), p. 443-450.

segundo fotoiniciador, em maior concentração na região periférica, favoreceu os grupos fotoativados com LED de 3ª geração. Entretanto, futuros estudos devem ser realizados para comprovar a existência de diferentes fotoiniciadores, além da canforoquinona.

Para testar a 2ª hipótese, determinar o número mínimo de unidades experimentais (número de amostras) para a variável resposta microdureza, utilizou-se o método poder do teste. Ao testar a hipótese de nulidade, através do teste de hipóteses, dois tipos de erros são passíveis de serem verificados.

O primeiro, denominado de erro do tipo I, quando rejeita H_0 e esta é verdadeira (erro falso positivo). O segundo erro, denominado de erro do tipo II, quando não rejeita H_0 e esta é falsa (erro falso negativo). Ou seja, quando não é verificada diferença estatística significativa entre os grupos, e na realidade existe.²⁵

Para controlar esse dois tipos de erros, alguns critérios devem ser estabelecidos. O erro do tipo I é controlado através do estabelecimento do α . A Odontologia adota como aceitável um erro de 5%, ou seja, $\alpha=0,05$. Desta forma, o experimento sempre deverá apresentar um erro inferior a 5% ($p \leq \alpha$) para rejeitar H_0 e conseqüentemente, constatar diferenças significativas entre os tratamentos.

²⁵ MOYE, L. A. *Statistical reasoning in medicine: the intuitive p-value primer*. New York: Springer-Verlag. 2000.

Já para a segunda situação em que não é verificada diferença entre os tratamentos, não se rejeita H_0 ($p > \alpha$), podendo estar ocorrendo um erro do tipo II (β). Para controlar esse tipo de erro, o experimento deve apresentar um poder de 80%, que é representado pela fórmula $1 - \beta = 0,8$.²⁶ Entretanto, pouco se discute na literatura as situações em que não são verificadas diferenças entre os tratamentos.

Assim, quando são controlados os dois tipos de erros ($\alpha = 0,05$ e poder do teste $\geq 80\%$) e não se verifica diferença entre os grupos, é grande a probabilidade que realmente não existe diferença entre eles.

Porém, o não controle do erro tipo II pode acarretar na não rejeição de H_0 quando esta é falsa. Nestes casos, o aumento do tamanho da amostra pode alterar o resultado do experimento, devido o aumento do poder do teste.

Sendo assim, alguns fatores podem alterar o poder do teste. O número de amostras em estudo de dureza superficial, a variabilidade entre os diferentes tratamentos dos grupos (variabilidade inter-grupos), a variabilidade entre as amostras (variabilidade intra-grupos) e o número de grupos são fatores importantes na determinação do poder do teste.²⁷

²⁶ AGUINIS, H.; BEATY, J. C.; BOIK, R.J.; PIERCE C. A. *Effect size and power in assessing moderating effects of categorical variables using multiple regression: a 30-year review*. J. Appl. Psychol. 2005; 90(1), p. 94-107.

²⁷ CAPLAN D.J.; SLADE G.D.; GANSKY S. A. *Complex sampling: implications for data analysis*. J. Public Health Dent. 1999; 59, p. 52-59.

Os resultados do presente estudo demonstraram que não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos ao se utilizar 05 ou 10 amostras por grupo. Para conseguir verificar diferenças entre os tratamentos seriam necessárias a utilização de 25 amostras por grupo com uma diferença entre os tratamentos (Delta) de 1,00. Essa diferença, em termos práticos, foi de 34KHN entre os grupos para obter um poder de 88% (Tabela 1). Se a diferença entre os grupos fosse ainda maior, como por exemplo, 42,5 seriam necessárias 15 amostras por grupo para obter um poder de 87%.

A homogeneidade de resultados das sub-parcelas podem influenciar na variabilidade intra-grupos, como foi observado nos resultados das superfícies de topo. Para a sub-parcela superfície, o número mínimo de amostras para a detecção de diferença estatística entre elas é de 25 amostras, com um Delta de 50% para a obtenção de um poder de 86% (Tabela 2).

Em dureza Knoop, seria o equivalente a apresentar uma diferença de 16 KHN, entre as superfícies. Se a diferença entre as superfícies for de 75%, a utilização de 10 amostras por grupo seriam suficientes para a obtenção de um poder de 81%. A variabilidade do teste de dureza superficial tem mostrado entre 5% e 20%. Para a detecção de pequenas diferenças entre os grupos existe a necessidade de um número de amostras elevado.

Outro fator interessante foi que os valores da superfície topo apresentaram uma variabilidade maior do que os valores da superfície de base, aumentando a

variabilidade intra-grupos. Para a obtenção de um poder adequado, um número maior de amostras por grupo se faz necessário (Tabelas 4 a 8). Sendo assim, experimentos que comparam superfícies de Topo e Base ou diferentes profundidades devem considerar que uma das superfícies ou profundidades pode apresentar uma maior variabilidade, necessitando assim de um número maior de amostras.

A literatura demonstrou que outro fator que pode influenciar os valores de dureza superficial é a região da amostra (tabela 7). Para detecção de diferença entre essas regiões, a utilização de 15 (quinze) amostras por grupo, com um Delta de 02 (dois) KHN, obteve-se um poder de 87% (oitenta e sete por cento). Se a diferença entre os grupos for de 03 (três) KHN, apenas 05 (cinco) amostras por grupo são suficientes para obter um poder de 95% (noventa e cinco por cento).

Desta forma, o pesquisador deve se preocupar em ser capaz de detectar efeitos de tratamentos relevantes para a obtenção de conclusões consistentes dentro das limitações do trabalho. Sendo uma das limitações o método estatístico aplicado.²⁸

Assim, o planejamento do desenho experimental, a determinação da hipótese de nulidade e as diferenças entre tratamentos de interesse do pesquisador são fatores importantes a serem estipulados no início do

²⁸ FREIMAN J. A.; CHALMERS T. C.; SMITH H. Jr.; KUEBLER R.R. *The importance of beta, the type II error and sample size in the design and interpretation of the randomized control trial. Survey of 71 "negative" trials.* N Engl. J Med. 1978; 299, p. 690-694.

experimento. Assim, o pesquisador decidirá a diferenças (deltas) que serão consideradas como relevantes.

Com isso, uma análise detalhada, baseada nos problemas acima relatados, é necessária para a padronização de certos parâmetros. Desta forma, a obtenção de conclusões adequadas e precisas requer um planejamento adequado, através de um delineamento do estudo cuidadoso,²⁹ possibilitando a obtenção de um poder adequado com o número mínimo de amostras por grupo.

²⁹ HOENING J.M.; HEISEY D. *The abuse of power: the pervasive fallacy of power calculations for data analysis*. Am Stat. 2001; 55, p. 19-24.

06) CONCLUSÃO

O número mínimo de amostras por grupo depende da variação entre os tratamentos e da variação dentro de cada fator.

Para o fator superfície, o topo apresentou maior variabilidade dos resultados, alterando negativamente o poder do teste, necessitando de um número maior de amostras quando este for parte do delineamento

A região da indentação interferiu nos resultados de dureza.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABADE, P. F.; ZANRA, V. N.; MACCHI, R. L. *Effect of photopolymerization variables on composite hardness*. J Prosthet Dent. 2001.
- AGUIAR, F.H.; BRACEIRO, A.; LIMA, D. A.; AMBROSANO G. M.; LOVADINO, J. R. *Effect of light curing modes and light curing time on the microhardness of a hybrid composite resin*. J. Contemp. Dent Pract. 2007.
- AGUINIS, H.; BEATY, J. C.; BOIK, R.J.; PIERCE C. A. *Effect size and power in assessing moderating effects of categorical variables using multiple regression: a 30-year review*. J. Appl. Psychol. 2005.
- ASMUSSEN, E.; PEUTZFELDT, A. *Influence of pulse-delay curing on softening of polymer structures*. J. Dent Res. 2001.
- BAHARAV, H.; ABRAHAM, D.; CARDASH, H. S.; HELFT, M. *Effect of exposure time on the depth of polymerization of a visible light-cured composite resin*. J Oral Rehabil. 1988.
- BRACKETT M. G.; BRACKETT W. W.; BROWNING W. D.; RUEGGERBERG F. A. *The effect of light curing source on the residual yellowing of resin composites*. Oper. Dent. 2007.

- CAPLAN D.J.; SLADE G.D.; GANSKY S. A. *Complex sampling: implications for data analysis*. J. Public Health Dent. 1999.
- COBB, D. S.; VARGAS, M. A.; RUNDLE, T. *Physical properties of composite cured with conventional light or argon laser*. Am J Dent 1996.
- CORRER SOBRINHO L.; LIMA A. A.; CONSANI S.; SINHORETI M. A. C.; KNOWLES J. C. (a). *Influence of curing tip distance on composite Knoop hardness values*. Braz Dent J. 2000.
- DUNN, W. J.; BUSH, A. C. *A comparison of polymerization by light-emitting diode and halogen-based light-curing units*. J Am Dent Assoc. 2002.
- FEINSTENSTEIN A. R. *Clinical Biostatistics*. St Louis, 1997.
- FEILZER, A. J.; DE GEE, A. J.; DAVIDSON, C. L. *Quantitative determination of stress reduction by flow in composite restorations*. Dent Mater. 1990.
- FREIMAN J.A.; CHALMERS T. C.; SMITH H. Jr.; KUEBLER R.R. *The importance of beta, the type II error and sample size in the design and interpretation of the randomized control trial*. Survey of 71 "negative" trials. N Engl J Med. 1978.
- FRIEDL, K. H.; SCHMALZ, G.; HILLER, K. A.; MÄRKEL, A. *Marginal adaptation of class V restorations with and without softstart-polymerization*. Oper Dent. 2000.

HOENING J.M.; HEISEY D. The abuse of power: the pervasive fallacy of power calculations for data analysis. *Am Stat.* 2001.

HOFMANN N.; HUGO B.; KLAIBER B. Effect of irradiation type (LED or QTH) on photo-activated composite shrinkage strain kinetics, temperature rise, and hardness. *Eur J Oral Sci.* 2003.

JANDA, R.; ROULET, J. F.; LATTA M.; KAMINSKY, M.; RÜTTERMANN, S. *Effect of exponential polymerization on color stability of resin-based filling materials.* *Dent Mater.* 2007.

KURACHI C.; TUBOY, A. M.; MAGALHÃES, D. V.; BAGNATO V. S. Hardness evaluation of a dental composite resin polymerized with experimental LED-based devices. *Dent Mater* 2001.

LEHNINGER, A. L. *Princípios de Bioquímica.* São Paulo: Savier S/A editora de livros médicos; 5a edição, 1991.

MOYE L. A. *Statistical reasoning in medicine: the intuitive p-value primer.* New York: Springer-Verlag. 2000.

OBERHOLZER, T. G.; GROBLER, S. R.; PAMEIJER, C.H.; HUDSON A. P. *The effects of light intensity and method of exposure on the hardness of four light-cured dental restorative materials.* *Int Dent J.* 2003.

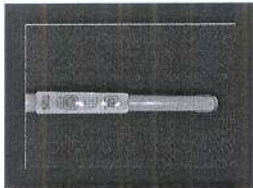
- PRATI C.; CHERSONI S.; MONTEBUGNOLI L.; MONTANARI G. Effect of the air, dentin and resin-based composite thickness on light intensity reduction. *Am J Dent.* 1999.
- PRICE, R. B.; DÉRAND, T.; LONEV, R. W.; ANDREOU, P. *Effect of light source and specimen thickness on the surface hardness of resin composite.* *Am J Dent.* 2002.
- RUEGGERBERG, F. A.; CAUGHMAN, W. F.; CURTIS JR., J. W. *Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite.* *Oper Dent.* 1994.
- SAAM T.; KERWIN W. S.; CHU B.; CAI J.; KAMPSCHULTE A.; HATSUKAMI T. S., et al. Sample size calculation for clinical trials using magnetic resonance imaging for the quantitative assessment of carotid atherosclerosis. *J. Cardiovasc Magn Reson.* 2005.
- SILIKAS, N.; ELIADES, G.; WATTS, D. C. *Light intensity effects on resin-composite degree of conversion and shrinkage strain.* *Dent Mater.* 2000.
- UÇTAŞLI M. B.; ARISU H. D.; OMÜRLÜ H.; ELIGÜZELOĞLU E.; OZCAN S.; ERGUN G. *The effect of different finishing and polishing systems on the surface roughness of different composite restorative materials.* *J. Contemp Dent Pract.* 2007.

YAPA. U. J.;, WONG N. Y.; SLOW K. S. Composite cure and shrinkage associated with high intensity curing light. Oper Dent. 2003.

YOON T. H.; LEE Y. K.; LIM B. S.; KIM C. W. Degree of polymerization of resin composite by different light sources. J. Oral Rehabil. 2002.

APÊNDICE

- Aparelhos Fotopolimerizadores:

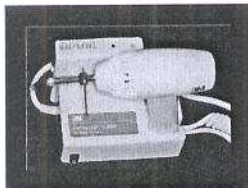


01) Ultra-Lume LED 5 –Ultradent (800 mW/cm²);



02) Bluephase 16i - Ivoclar Vivadent (1600 mW/cm²)

3- XL 3000;



03) XL 3000 –3M Espe (500 mW/cm²).

- Microdurômetro FM (Future Tech Corp. - Japão):

