

INVESTIGAÇÃO DO ACABAMENTO SUPERFICIAL DE INSTRUMENTOS ODONTOLÓGICOS APÓS DIFERENTES PROCESSOS DE FABRICAÇÃO

Renato Françoso de Ávila, rfavila1@yahoo.com.br¹
Roberto Felipe Leal de Souza, rfls@sswhite.com.br²
José Luiz Gomes Cardoso, jlgc@sswhite.com.br²
Jalon de Moraes Vieira, jalonvieira@gmail.com¹
Paulo Rogério Guimarães Araujo, paulo.guimaraes@ufjf.edu.br¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Campus Juiz de Fora, Depto de Mecânica – Bloco G, Rua Bernardo Mascarenhas, 1283, Fábrica, Juiz de Fora, MG, CEP: 36080-001

²SSWhite - Artigos Dentários Ltda - Rua : Nicolino Baldi , 20 - Bairro Nova Era , Juiz de Fora - MG . CEP 36087 – 160

Resumo: *Para a melhoria de produtos obtidos em processos de fabricação torna-se indispensável a caracterização do material em todas as etapas de processamento. Dentre os principais quesitos de qualidade requeridos para a aceitação do produto, parâmetros relativos a funcionalidade bem como propostas de melhoria vêm sendo de fundamental importância. Em termos de processos de fabricação, rotas alternativas de processamento visando à melhoria do acabamento superficial, analisados por diferentes parâmetros de rugosidade, dentre os quais os parâmetros de amplitude e funcionais embasados por conhecimentos técnico-científicos são de fundamental importância. Neste trabalho foram investigados os parâmetros de rugosidade superficial (ISO 2001) e funcionais (DIN 4776) obtidos em produtos ferramentas (instrumentos odontológicos) após diferentes rotas de processamento, a saber: uma tradicional e outra com propostas de melhorias. Os resultados apontaram melhorias significativas quando adotado um processo alternativo para o acabamento superficial dos instrumentos.*

Palavras-chave: *acabamento superficial; melhoria de produtos; caracterização*

1. INTRODUÇÃO

Um maior conhecimento dos produtos e processos vem amplamente requerido desde a implantação de normas de qualidade, a saber, ISO 9000 (e séries). No contexto de globalização, cada vez mais acentuado, além disso, propostas de melhorias de produtos de forma geral embasadas cientificamente são consideradas um ponto de partida para a ampliação de mercados cada vez mais competitivos. Neste contexto vale a pena ressaltar a melhoria dos produtos pela adequação ou melhoria do sistema produtivo em suas diferentes etapas de processamento. Um dos quesitos de melhoria de produtos diz respeito ao acabamento superficial, avaliado de forma bi-dimensional e também tridimensional. Um dos desafios que vem sendo apresentados diz respeito à análise dos resultados de acabamento superficial através de parâmetros que tenham uma relação direta a funcionalidade dos produtos. Neste contexto vem sendo apresentados os parâmetros funcionais (Norma DIN 4776), família R_k . Os valores destes parâmetros dizem respeito à funcionalidade dos produtos em um contexto prático e de compreensão complementar aos parâmetros de amplitude muito utilizados em vários estudos científicos, dentre os quais R_a , R_q , R_z dentre outros (Ávila et al, 2008).

Os parâmetros bi-dimensionais utilizados para a caracterização superficial são em sua maioria padronizados. Basicamente os parâmetros são classificados nas seguintes categorias: parâmetros de amplitude, espaciais, híbridos e funcionais (Stout, 2000). Um dos problemas identificados por vários autores quando estudados apenas parâmetros de amplitude, em particular a Rugosidade Média Aritmética (R_a) diz respeito à possibilidade da obtenção de mesmos valores deste parâmetro em perfis diferentes conforme apresentado na Fig. (1).

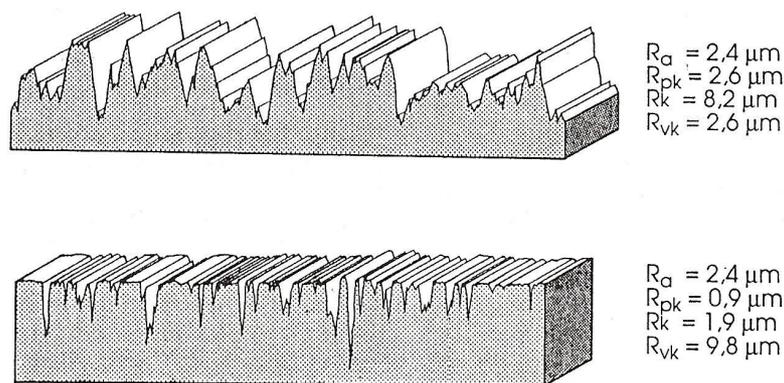


Figura 1. Comparação de parâmetros em diferentes perfis (Mummary, 1992)

Conforme apresentado na Fig. (1), embora de perfis diferentes, os mesmos valores de R_a foram observados. Quando considerados e comparados os parâmetros da família R_k observam-se valores bem diferenciados. Os parâmetros da família R_k são essenciais para a obtenção dos valores índices S_{bi} e S_{vi} determinados matematico-estatisticamente (Stout, 2004). Desta forma, tanto os parâmetros, quanto os índices dizem respeito à capacidade de escorregamento e retenção de lubrificantes. Na prática estas informações para instrumentos odontológicos podem ser estendida e correlacionada à facilidade na moldabilidade de resinas odontológicas em procedimentos. Tais parâmetros quando estudados em 3D tem a nomenclatura S_{pk} e S_{vk} . Estudos de acabamentos superficiais são conduzidos em equipamentos chamados rugosímetros portáteis e perfilômetros que possibilitam o levantamento de parâmetros de rugosidade em duas e três dimensões respectivamente. Basicamente ambos os equipamentos tem o mesmo princípio de funcionamento, ou seja: um apalpador de diamante com dimensões definidas (ângulo e raio de ponta) percorre perpendicularmente uma superfície e um sensor captura o perfil desta superfície e através de um amplificador de sinais repassa-o a um conversor de sinais (AD). Tais sinais (dados) são coletados por uma unidade lógica programável e analisados segundo Normas (Avila, et al, 2008, Vorburguer et al, 1990).

Os parâmetros da família R_k : (R_{pk} e R_{vk}) são definidos na Norma DIN 4776 são definidos através de algoritmos matemáticos não modificados com filtros Gaussianos normalizados e de acordo com desvios quadráticos mínimos (RMS) e funcionalmente dizem respeito à capacidade de escorregamento definidos pela geometria dos picos e retenção de lubrificantes (Stout, 2004). Os parâmetros são apresentados na Fig. (2).

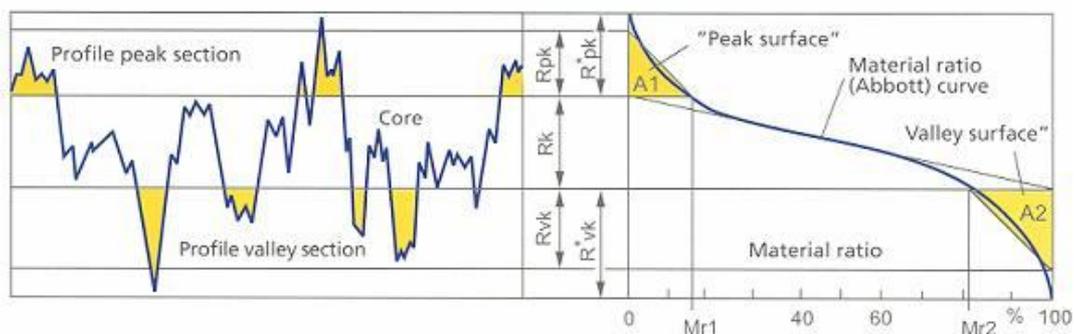


Figura 2. Parâmetros Funcionais: "família R_k " (Mummary, 1992)

Desta forma, o estudo de acabamento superficial obtido em diferentes processos de fabricação através dos parâmetros funcionais é um importante indicativo para análise da melhoria da qualidade do produto e que tem uma interpretação que pode ser estendida de forma mais objetiva e clara, com relação aos aspectos de funcionalidade dos mesmos. Destaca-se que a caracterização superficial, através da análise de parâmetros bidimensionais na indústria, de produtos é mais comum em virtude dos custos envolvidos com equipamentos e também a demanda por maiores tempos quando estudados os parâmetros tridimensionais, além de se destacar a facilidade no controle do processo através do monitoramento de tais parâmetros em diferentes fases de processamento do produto (Vieira, et al 2008).

Neste trabalho foram analisados, além dos parâmetros de amplitude (R_a e R_q), também os parâmetros funcionais (R_{pk} , R_k e R_{vk}) quando utilizados diferentes processos de fabricação de instrumentos odontológicos, sendo um tradicional e outro alternativo (visando melhorias). Para tanto foram criadas metodologias específicas de medição e análise comparativa dos resultados.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O procedimento experimental de levantamento dos parâmetros de rugosidade foi executado de forma a serem definidas condições padrões de medição e também para futuras aferições de controle do processo, conforme detalhado a seguir.

- **Conhecimento dos Processos:** Anteriormente as análises foram caracterizadas os processos de fabricação e nomeados em A (processo tradicional) e B (processo alternativo com sugestão de melhoria). Os fluxogramas, ilustrados nas Fig. (3) ilustram a seqüência de processamento dos produtos em estudo.

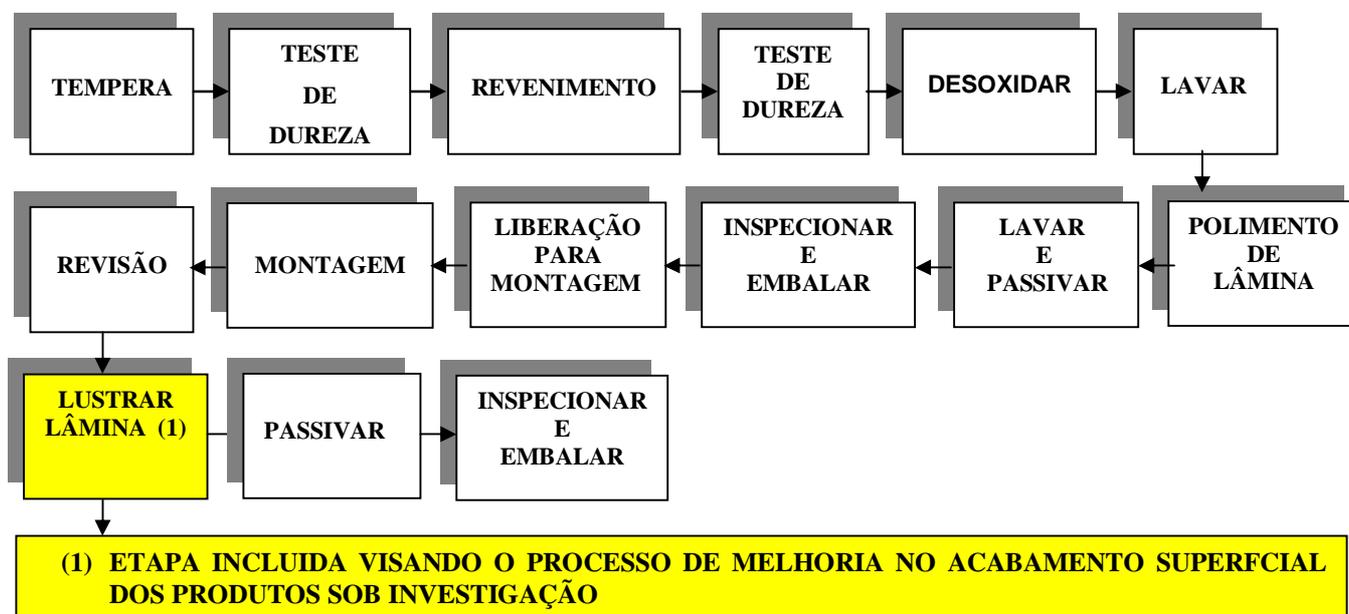


Figura 3. Seqüência de produção das amostras

- **Identificação das amostras:** Primeiramente todas as amostras foram recebidas com suas superfícies protegidas. A partir de então as mesmas foram codificadas de forma alfa-numérica em suas extremidades recebidas como processos de acabamento superficial utilizados: A = processo tradicional e B = processo alternativo conforme visualizados na Fig. (4) e apresentados na Tab. (1).

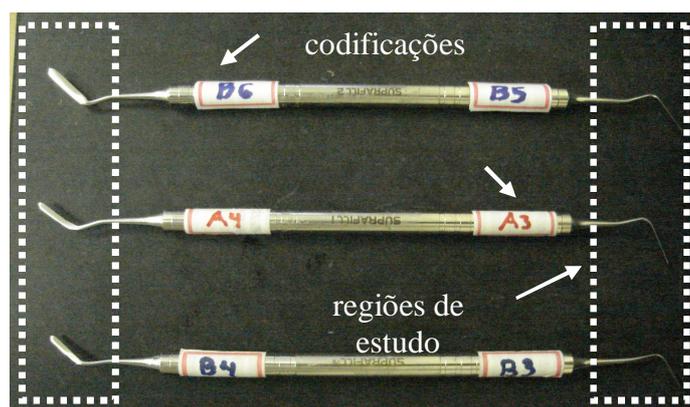


Figura 4. Amostras e regiões de estudo

Tabela 1- Codificação das amostras

Amostras	Codificações	
Suprafill (1/2)	A1 e A2	B1 e B2
Suprafill 1	A3 e A4	B3 e B4
Suprafill 2	A5 e A6	B5 e B6
Suprafill 3	A7 e A8	B7 e B8

- **Medições preliminares de parâmetros de rugosidade**

As medições preliminares são fundamentais para que, além de serem definidas as condições de medição (comprimento de amostragem – DIN 4768 e ISO 4288), seja também reduzida a possibilidade de erros. Para tanto foram selecionados os Parâmetros de amplitude, estatísticos, híbridos e funcionais, de acordo com Normas JIS 2001 e DIN 4776.

- **Elaboração de procedimentos de medição**

Uma das principais preocupações no estudo de acabamento superficial diz respeito à seqüência de procedimentos ou mesmo na elaboração do mesmo para que os erros sejam mínimos e os resultados significativos. Resumindo, os procedimentos aqui elaborados consistiram em:

- Calibração do equipamento (procedimento padrão);
- Critérios de Fixação das amostras (procedimento elaborado – Fig. 5);
- Limpeza das superfícies com álcool isopropílico por imersão;
- Seqüência de medição e seleção de Parâmetros (JIS 2001 e DIN 4776) com execução de réplicas em amostras agrupadas.

Critério de Fixação das amostras

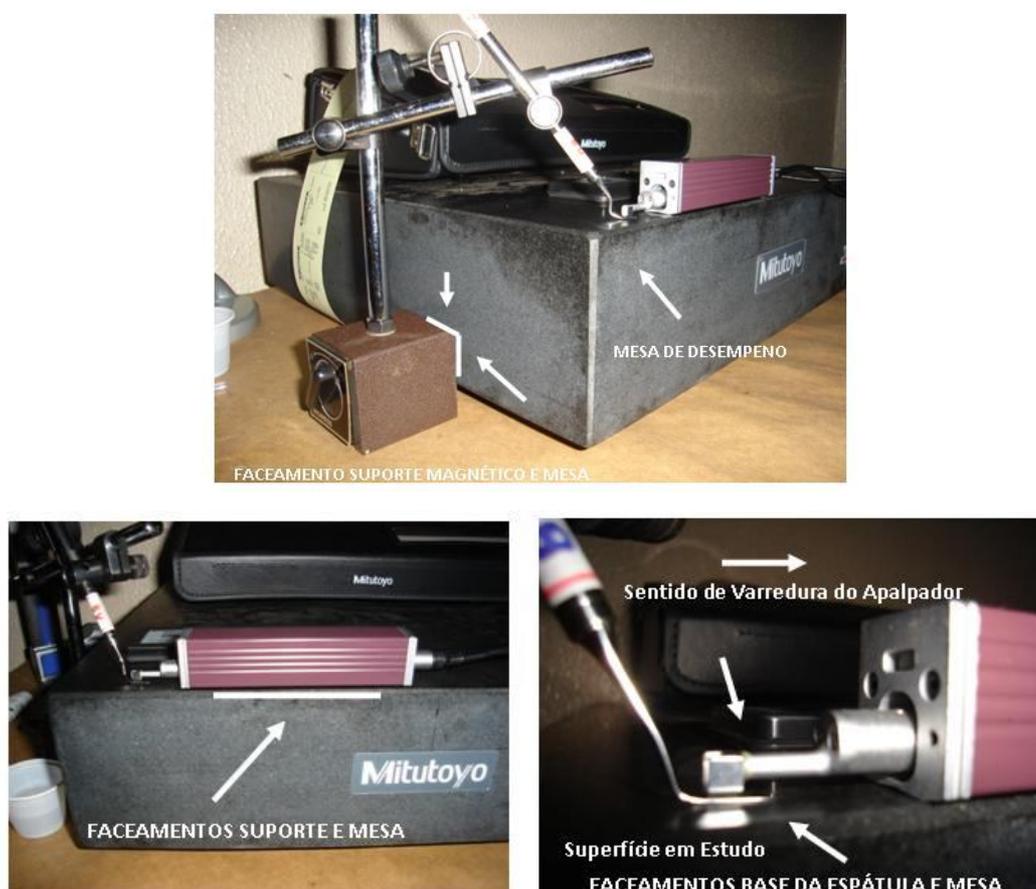


Figura 5 – Metodologia de Fixação e critérios

Conforme apresentado na Fig. (5) optou-se pela fixação das amostras seguindo-se o critério de faceamento em três planos, a saber: faceamento entre o suporte magnético e a mesa de desempenho (plano lateral), faceamento do suporte do apalpador e mesa (plano frontal), faceamento da parte inferior da espátula e mesa (plano superior).

Esta mesma regra foi mantida para todas as amostras independentes de suas geometrias. A técnica de faceamentos tridimensional foi a considerada mais eficiente quando avaliado a reprodutibilidade dos resultados, constatado nas réplicas executadas. Uma vez fixados os contatos entre os planos executou-se a limpeza da amostra a ser investigada através da imersão da mesma em álcool isopropílico e secagem a temperatura ambiente.

Seleção de parâmetros de rugosidade

Uma vez verificado a eficácia dos critérios de fixação e limpeza das amostras passou-se a realização das medições. No sentido de minimizar as possibilidades de erros optou-se pela realização de medição sequencial para geometrias idênticas. O critério para a seleção dos parâmetros foi a reprodutibilidade verificada após 3 (três) medições a Tab. (2) apresenta as condições de medição estabelecidas em conformidade com as Normas (JIS 2001) para os parâmetros de amplitude (R_a e R_q) e para os parâmetros funcionais (R_{pk} e R_{vk}).

Tabela 2 – Condições de medição recomendadas para medições de R_a e R_q (JIS 2001)

Faixa de R_a (μm)	Comprimento de amostragem λ_c (<i>cut-off</i>) (mm)	Comprimento total percorrido pelo apalpador l_t (mm)
$(0,006) < R_a \leq 0,02$	0,08	0,4
$0,02 < R_a \leq 0,1$	0,25	1,25
$0,1 < R_a \leq 2$	0,8 ^(*)	4 ^(*)
$2 < R_a \leq 10$	2,5	12,5
$10 < R_a \leq 80$	8	40

(*) Valores selecionados após testes preliminares

Medições definitivas de parâmetros de rugosidade

Para as medições definitivas foi considerada a execução de réplicas com as varreduras em grupos constituídos de 3 amostras idênticas, de um mesmo lote e conforme superfícies codificadas na Tab. (1). Foram considerados os valores médios e respectivos desvio padrão para cada grupo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Processos A (convencional) x Processo B (sugestão de melhoria)

Serão apresentados os resultados obtidos através do procedimento elaborado e descrito anteriormente. Os mesmos serão agrupados e analisados de forma comparativa: sendo considerados os parâmetros selecionados de amplitude (JIS 2001) e parâmetros funcionais (DIN 4776).

Parâmetros de amplitude (R_a e R_q)

Nas Fig. (6) e (7) são apresentados de forma comparativa e quantitativa, os resultados médios com os desvios padrões obtidos para os parâmetros de rugosidade selecionados após testes e análises preliminares.

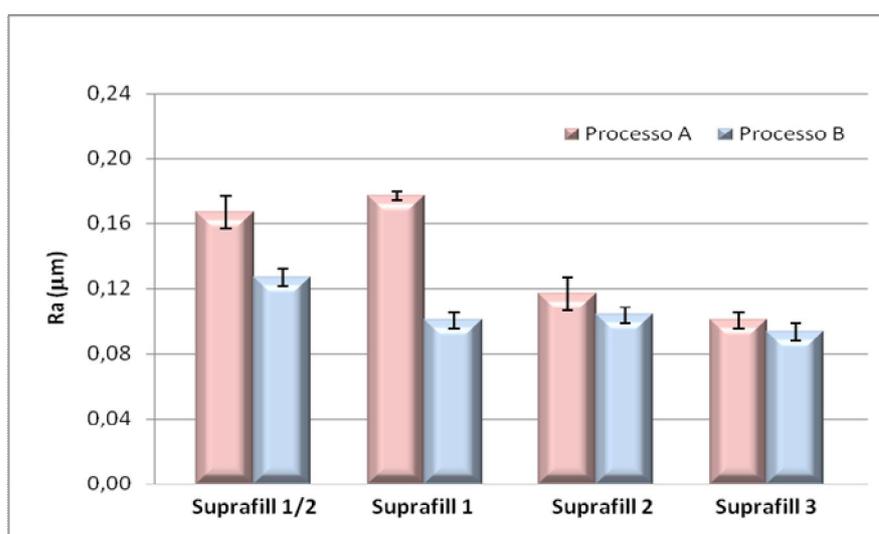


Figura 6 – Rugosidade Média Aritmética (R_a): Processos A e B

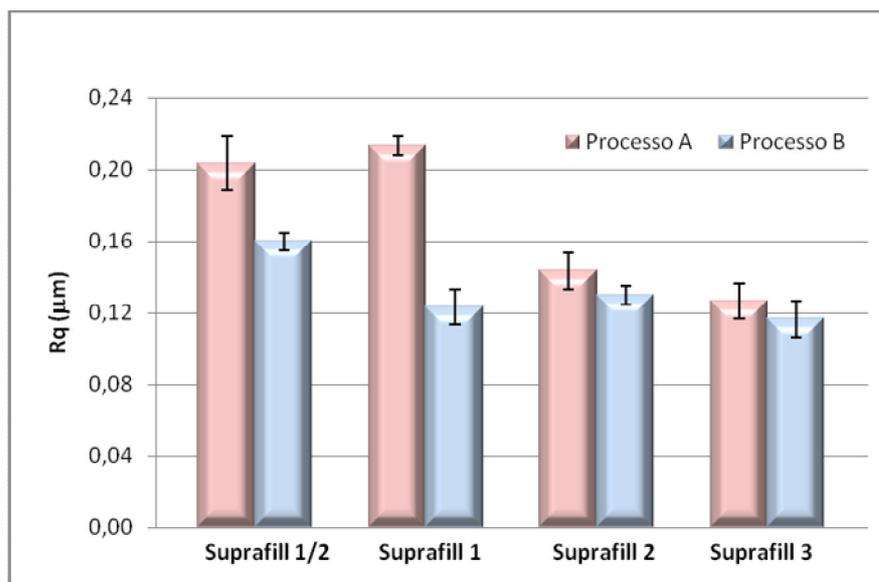


Figura 7 – Rugosidade Média Quadrática (R_q): Processos A e B

Considerando-se os valores médios (com desvios) de rugosidade (parâmetro R_a) observa-se que todas as amostras satisfazem valores de acabamento na condição de polimento e super acabamento para os processos A (tradicional) e processo B (sugestão de melhoria), respectivamente. Tendo-se por referencia os valores apresentados na Tab. (3).

Tabela 3 - Valores de rugosidade R_a e processos de fabricação (ANSI B 46.1/1985 *apud Stout 2004*)

Processo de Fabricação	R_a (μm)
Polimento	$0,1 \leq R_a \leq 0,4$
Super acabamento	$0,025 \leq R_a \leq 0,2$

Parâmetros funcionais (R_{pk} e R_{vk})

Nas Fig. (8) e (9) são apresentados de forma comparativa e quantitativa, os resultados médios e também os desvios padrões obtidos para os parâmetros de rugosidade funcionais selecionados após testes e análises preliminares.

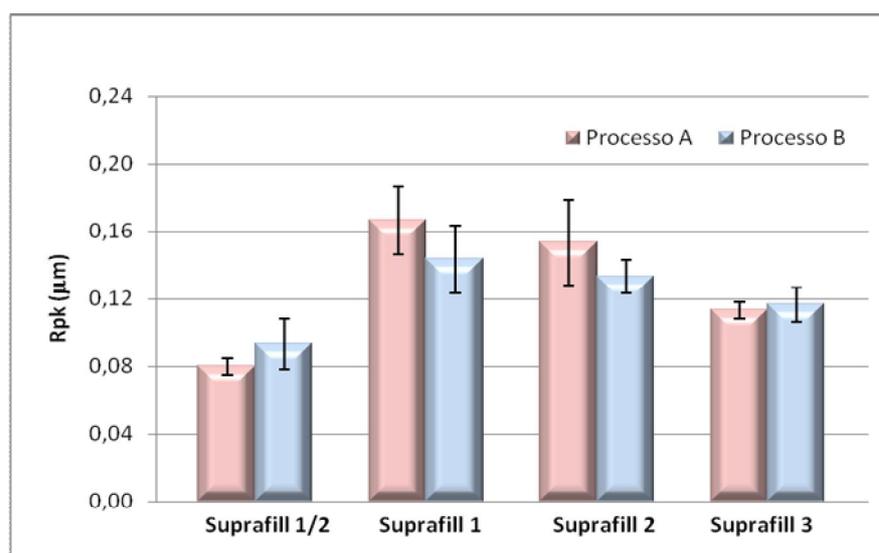


Figura 8 – Rugosidade média dos picos acima da área de contato mínima do perfil (R_{pk}): Processos A e B

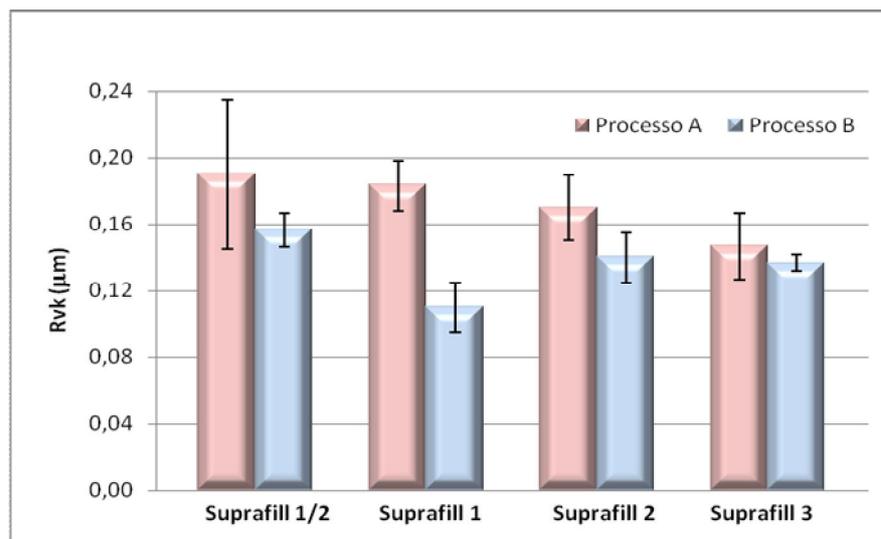


Figura 9 – Rugosidade média dos picos abaixo da área de contato mínima do perfil (R_{vk}): Processos A e B

Considerando-se os valores médios obtidos observam-se os menores valores do parâmetro R_{pk} e R_{vk} obtidos através do processo B (sugestão de melhoria) se comparado ao processo A (convencional). O parâmetro R_{pk} diz respeito à capacidade de deslizamento, ou seja: quanto menor o valor médio deste parâmetro maior a capacidade de moldabilidade da resina. Este fato foi observado para o parâmetro R_{pk} nas amostras Suprafill 1, Suprafill 2 e Suprafill 3.

O parâmetro R_{vk} diz respeito à retenção de fluidos (DIN 4776), ou seja: quanto menor o valor deste parâmetro menor a retenção da resinas odontológicas na interface espátula/dente. Considerando-se os valores médios de R_{vk} foram observou-se menor valor deste parametro em todas as amostras Suprafill quando utilizado o Processo B (sugestão de melhoria).

4. CONCLUSÕES

Os resultados médios de parâmetros de rugosidade de amplitude (R_a e R_q) e funcionais (R_{pk} e R_{vk}) obtidos a partir dos procedimentos elaborados especificamente e aplicação de Normas (JIS 2001 e DIN 4776) possibilitaram as seguintes conclusões:

- Todos os valores médios de rugosidade média (R_a) atendem as faixas de valores que atendem as condições de polimento e super acabamento, conforme apresentado na Tabela 1 (ANSI B 46.1/1985) para as amostras obtidas no Processo A (tradicional) e Processo B (sugestão de melhoria) respectivamente.
- Os menores valores médios dos parâmetros de rugosidade da família R_k , a saber R_{pk} e R_{vk} foram observados, de forma geral, para o Processo B (sugestão de melhoria) se comparados ao Processo A (convencional).

Desta forma os resultados na metodologia de medição apontam indícios de melhoria quando adotados o Processo B (alternativo) se comparado ao Processo A (tradicional), através dos valores médios dos parâmetros de rugosidade considerados. Resultados importantes foram caracterizados no tocante também aos estudos do acabamento superficial dos produtos, ou seja: os instrumentos odontológicos, estudados atendem a condição de superfícies polidas e/ou super acabadas, conforme faixas de valores de rugosidades encontrados, o que garante a qualidade do material produzido, bem como quesitos de funcionalidade.

5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ávila, R. F.; Godoy, G. C. D. ; Abrao, A. M. 2008; Lima, M. M., “Topographic Analysis of the Crater Wear on TiN, Ti(C,N) and (Ti,Al)N”, Wear, Vol. 265, pp. 49-56.

Ávila, R. F.; Oliveira, J. R. Jr. ; Vieira, J. M.; Eduardo, A. C. 2008, “Influência de ferramentas revestidas no acabamento superficial de ligas de alumínio”. Máquinas e Metais, Vol. 512, p. 90-105.

DIN 4776 “*apud* SJ-301 Surface Roughness Tester User’s Manual, Mitutoyo”

JIS 2001 “*apud* SJ-301 Surface Roughness Tester User’s Manual, Mitutoyo”

Mumery, L., 1992 “Surface Texture the Handbook, Hommelwerke GmbH”, 106 pages.

Stout, K. J., 2000 “Development of methods for characterization of roughness in Three Dimensions”, University of Huddersfield, Penton Press, 358 pages.

Vieira, J. M. ; Souza, C. R. ; Ávila, R. F. ; Friedrich, E. B. ; Guimaraes, P. R. A. ; Vieira, F. C. P., 2008 “Avaliação do acabamento superficial e controle dimensional de liga de alumínio durante fresamento de topo utilizando diferentes condições de refrigeração e lubrificação”. In: V CONEM - Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, Salvador.

Vorburguer, T. V. and Raja, J. 1990 “Surface Metrology Tutorial, National Institute of Standards and Technology”, Gaithersburg MD 20899, 153 pages.

6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluídos no seu trabalho.

INVESTIGATIONS OF SURFACE FINISH OF DENTAL INSTRUMENTS AFTER DIFFERENT PROCESSES

Renato Françoso de Ávila, rfavila1@yahoo.com.br¹

Roberto Felipe Leal de Souza, rfls@sswhite.com.br²

José Luiz Gomes Cardoso, jlgc@sswhite.com.br²

Jalon de Moraes Vieira, jalonvieira@gmail.com¹

Paulo Rogério Guimarães Araujo, paulo.guimaraes@ufjf.edu.br¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Campus Juiz de Fora, Depto de Mecânica – Bloco G, Rua Bernardo Mascarenhas, 1283, Fábrica, Juiz de Fora, MG, CEP: 36080-001

²SSWhite - Artigos Dentarios Ltda - Rua : Nicolino Baldi , 20 - Bairro Nova Era , Juiz de Fora - MG . CEP: 36087 – 160

Abstract: *For the improvement of products obtained in manufacturing processes it is essential to characterize the material at all stages of processing. Among the main questions of quality required for the acceptance of the product, the parameters for the functionality as well as proposals for improvement have been of fundamental importance. In terms of manufacturing processes, alternative processing routes aimed at improving the surface finish, and analyzed by different roughness parameters, among which the parameters of amplitude and functional grounded in scientific and technical knowledge are essential. In this study we investigated the parameters of surface roughness (ISO 2001) and functional (DIN 4776) obtained in products Tools (dental instruments) after different processing routes, namely: one traditional and one with proposals for improvement. The results showed significant improvements when it adopted an alternative process for instruments.*

Keywords: *surface finish, improvement products, characterization.*