

República Federativa do Brasil  
Ministério do Desenvolvimento, Indústria  
e do Comércio Exterior  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0906564-4 A2**



\* B R P I O 9 0 6 5 6 4 A 2 \*

(22) Data de Depósito: 02/12/2009  
(43) Data da Publicação: 19/07/2011  
(RPI 2115)

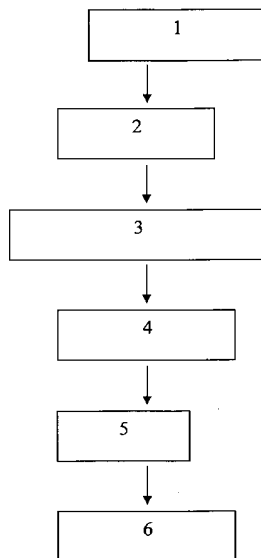
(51) *Int.Cl.:*  
B28B 13/00 2006.01  
B23Q 35/00 2006.01

(54) Título: **PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DE MATERIAIS GEMOLÓGICOS ATRAVÉS DE USINAGEM CNC**

(73) Titular(es): Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.

(72) Inventor(es): Camila Sieburger Tessmann, Lara Helena Sobreira Gomes, Lauren da Cunha Duarte, Wilson Kindlein Junior

(57) Resumo: PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DE MATERIAIS GEMOLÓGICOS ATRAVÉS DE USINAGEM CNC. A presente invenção diz respeito à área de beneficiamento de minérios, minerais, mineralóides, rochas e materiais gemológicos, e à área de produção e engenharia de jóias e semi-jóias. Mais especificamente, a presente invenção refere-se a um processo de beneficiamento de minérios, minerais, mineralóides, rochas e materiais gemológicos através da usinagem por CNC na reprodução de formas simples e/ou complexas.



**PI0906564-4****Relatório Descritivo de Patente de Invenção****PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DE MATERIAIS GEMOLÓGICOS  
ATRAVÉS DE USINAGEM CNC****5 Campo da Invenção**

A presente invenção diz respeito à área de beneficiamento de minérios, minerais, mineralóides, rochas e materiais gemológicos, e à área de produção e engenharia de jóias e semi-jóias. Mais especificamente, a presente invenção refere-se a um processo de beneficiamento de minérios, minerais, mineralóides, rochas e materiais gemológicos através da usinagem por Comando Numérico Computadorizado (CNC) na reprodução de formas simples e/ou complexas.

**Antecedentes da Invenção**

15 O Brasil destaca-se no cenário internacional como grande produtor de pedras preciosas, no entanto, poucos esforços são empregados no beneficiamento do produto (FAPEMIG. 2000). Destaca-se também na produção de minérios, minerais, mineralóides, rochas e materiais gemológicos com grande demanda no mercado, onde, também, poucos esforços são empregados no beneficiamento dos mesmos. Tal falta de beneficiamento caracteriza grande perda de divisas, uma vez que, em seu estado bruto, esses materiais possuem menor valor de mercado, comprometendo o potencial econômico do setor.

25 Segundo dados do Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos (IBGM, 2000) entre janeiro e fevereiro de 2007, a exportação de materiais lapidados apresentou um crescimento de 7% em relação ao ano anterior, porém, o crescimento das exportações de pedras brutas foi de 28% nesse mesmo período. Um dos aspectos apontados que pode reverter esse quadro é o beneficiamento de produtos usando o design como estratégia de diferenciação e agregação de valor a essa matéria prima.

30

Além do problema da falta de beneficiamento, há outro problema que ocorre nos locais de extração de minérios, minerais, mineralóides, rochas e materiais gemológicos. Nesse locais, em geral, o material extraído é triado/selecionado de modo que parte desse produto extraído é considerado como rejeito por não atender as especificações para o beneficiamento posterior através dos processos atuais. Assim, grande parte do material rejeitado apresenta potencial de beneficiamento, no entanto pela incapacidade dos processos atuais eles são descartados. Como exemplo, a ágata extraída dos garimpos do Rio Grande do Sul para à exportação, que é principalmente destinada ao beneficiamento na forma de chapas, ao tingimento ou à fabricação de objetos sem inovação nem intervenção de design no processo. Nesses garimpos, a opala branca presente nos geodos de ágata não serve para o mesmo fim por não possuir resistência ao corte em chapas e nem ser apta ao tingimento por não ser porosa, sendo assim considerada como rejeito. Deste modo, este material composto pela opala e por ágata, formando camadas de cores distintas e com potencial ao beneficiamento é considerado rejeito, contribuindo inclusive a um maior impacto ambiental nessas regiões de garimpo.

Atualmente, o beneficiamento de gemas como a opala branca, ágata, ametista, citrino, jaspe, quartzo, sílica, entre outros similares ainda é um problema em virtude da carência de inovação, e a produção de objetos de adorno, jóias ou semi-jóias de material gemológico em formas simples e/ou complexas é realizado principalmente em outros países, sendo quase toda a produção através do processo artesanal. Por exemplo, o corte em materiais gemológicos para transformá-los em camafeus é basicamente realizado através do processo artesanal da lapidação, praticamente, sem auxílio mecanizado. Camafeu é um objeto de adorno produzido em material composto por camadas de cores semelhantes ou diferentes, onde a(s) primeira(s) camada(s) é(são) esculpida(s) para reprodução de um relevo.

O processo artesanal de beneficiamento, apesar de amplamente difundido apresenta uma série de deficiências. É um processo lento que exige

mão de obra altamente especializada, exigindo da mão-de-obra habilidades para a lapidação e para o desenvolvimento do design das peças, que culmina com uma grande elevação do custo desse processo e que, em geral, não é capaz de reproduzir duas peças idênticas.

5 Deste modo, o estado da técnica ainda carece de um processo mais rápido, preciso, mais barato e que seja capaz de utilizar, além dos materiais já selecionados para o beneficiamento posterior pelos métodos atuais, também os materiais considerados como rejeitos.

10 No âmbito patentário, não foram encontrados documentos antecipando a presente invenção. A referência que circunscreve a invenção, sem contudo antecipá-la ou sequer sugeri-la, está listada a seguir:

15 O documento PI 9901567-6 descreve um sistema para a usinagem de perfil de placas de mármore, pedra e vidro utilizando um molde. O sistema citado é limitado a materiais de alta dureza, necessita da utilização de trabalho especializado para a confecção de moldes, não pode ser utilizado em materiais de tamanho reduzido ao mesmo tempo que em nada se confunde com o processo da presente invenção que difere desse por utilizar a usinagem CNC na criação e reprodução de formas simples e/ou complexas em minérios, minerais, mineralóides, rochas e materiais gemológicos de qualquer dureza, sendo testado o material ágata que representa a dureza 7 na Escala Mohs.

20 Do que se depreende da literatura pesquisada, não foram encontrados documentos antecipando ou sugerindo os ensinamentos da presente invenção, de forma que a solução aqui proposta possui novidade e atividade inventiva frente ao estado da técnica.

25 A presente invenção proporciona grandes melhorias ao estado da arte, pois é capaz de ser utilizada por mão-de-obra sem habilidade de lapidação e design, já que a utilização da tecnologia CNC na intervenção destes materiais traz inúmeras possibilidades de produção de objetos diferenciados; por utilizar material abundante e subutilizado, trazendo às indústrias de extração, beneficiamento e comércio de pedras preciosas e materiais gemológicos novas possibilidades no mercado interno e externo, uma vez que a matéria-prima

30

extraída é quase toda exportada sem beneficiamento; permite a produção em larga escala de peças, camafeus, objetos ornamentais, jóias ou semi-jóias a partir desses minérios, minerais, mineralóides, rochas e materiais gemológicos; por ser um processo mais rápido; possibilita a produção de camafeus através da tecnologia de usinagem CNC, na criação e reprodução de formas simples e/ou complexas, ou relevos esculpidos no material; proporciona a produção de peças idênticas; ao mesmo tempo que é um processo de baixo custo.

### **Sumário da Invenção**

10 É um dos aspectos do presente processo proporcionar o beneficiamento de minérios, minerais, mineralóides, rochas e materiais gemológicos através da usinagem CNC na reprodução de formas simples e/ou complexas, preferencialmente o beneficiamento de gemas como a opala, opala branca, ágata, ametista, citrino, jaspe, quartzo, sílica, entre outros similares.

15 Em outro aspecto, a presente invenção permite o corte de minérios, minerais, mineralóides, rochas e materiais gemológicos para criação e/ou reprodução de formas simples e/ou complexas, ou relevos esculpidos nesses materiais. Preferencialmente, esta invenção possibilita a produção de camafeus de formas simples e/ou complexas a partir dos materiais citados, preferivelmente de gemas como a opala, opala branca, ágata, ametista, citrino, jaspe, quartzo, sílica, entre outros similares.

20 Adicionalmente, a presente invenção com a utilização da usinagem CNC possibilita a produção de peças, camafeus, objetos ornamentais, jóias ou semi-jóias com a reprodução exata do mesmo desenho em mais de uma peça do mesmo material e também em materiais distintos.

25 É um dos objetos da presente invenção um processo de beneficiamento de minérios, minerais, mineralóides, rochas e materiais gemológicos através da usinagem CNC compreendendo a seguintes etapas:

- 1) a preparação do material gemológico (corte e polimento);
- 30 2) a criação de uma forma em software vetorial ou captação de imagem por escaneamento 3D;

- 3) a determinação de volumes e espessuras via software CAM;
- 4) a definição de parâmetros e estratégias de usinagem do equipamento e da ferramenta em software CAM;
- 5) a fixação do material no ambiente de usinagem; e
- 6) execução da usinagem CNC.

Estes e outros objetos da invenção serão imediatamente valorizados pelos versados na arte e pelas empresas com interesses no segmento, e serão descritos em detalhes suficientes para sua reprodução na descrição a seguir.

### **Breve Descrição das Figuras**

A figura 1 mostra o fluxograma das etapas do processo de beneficiamento de minérios, minerais, mineralóides, rochas e materiais gemológicos através da usinagem por CNC na reprodução de formas simples e/ou complexas, onde (1) representa a preparação do material gemológico (corte e polimento); (2) a criação de uma forma em software vetorial ou captação de imagem por escaneamento 3D; (3) a determinação de volumes e espessuras via software CAD; (4) a definição de parâmetros e estratégias de usinagem do equipamento e da ferramenta em software CAM; (5) a fixação do material no ambiente de usinagem; e (6) a execução da usinagem CNC.

### **Descrição Detalhada da Invenção**

Os exemplos aqui mostrados têm o intuito somente de exemplificar uma das inúmeras maneiras de se realizar a invenção, contudo sem limitar, o escopo da mesma.

A presente invenção proporciona o beneficiamento de minérios, minerais, mineralóides, rochas e materiais gemológicos através da usinagem CNC na reprodução de formas simples e/ou complexas, preferencialmente o beneficiamento de gemas como a opala, opala branca, ágata, ametista, citrino, jaspe, quartzo, sílica, entre outros similares. Permite ainda o corte de minérios, minerais, mineralóides, rochas e materiais gemológicos para criação e/ou reprodução de formas simples e/ou complexas, ou relevos esculpidos nesses

materiais. Preferencialmente, o presente processo possibilita a produção de camafeus de formas simples e/ou complexas a partir dos materiais citados, preferivelmente de gemas como a opala, opala branca, ágata, ametista, citrino, jaspe, quartzo, sílica, entre outros similares. Adicionalmente, possibilita a produção de peças, objetos ornamentais, jóias ou semi-jóias, especialmente camafeus, com a reprodução exata do mesmo desenho em mais de uma peça do mesmo material e também em materiais distintos.

Como citado o processo da presente invenção permite o beneficiamento de todos os minérios, minerais, mineralóides, rochas e materiais gemológicos que atendam as especificações de dureza, porosidade, densidade e outros, (como por exemplo a ágata, que possui dureza 7 da Escala Mohs) e que permitam sua utilização na usinagem CNC. Preferencialmente é utilizado para beneficiar a opala, ametista, citrino, jaspe, quartzo, sílica, entre outros similares, e prioritariamente é utilizado para beneficiar a opala branca, a ágata e similares que formam um bandeamento de cores que torna estes materiais muito propícios para a execução de esculturas em relevo.

O relevo, assim como a programação e os parâmetros de usinagem, são projetados e definidos em software CAD (*Computer Aided Design*) e CAM (*Computer Aided Manufacturing*). Posteriormente, esta informação é enviada ao programa do equipamento CNC que efetua a usinagem seguindo estes parâmetros e estratégias previamente determinados.

No presente processo é usado um sistema de refrigeração, devido à instabilidade do material gemológico diante do aumento da temperatura, resultante da fricção da ferramenta de desbaste. As ferramentas utilizadas possuem a ponta revestida com grãos de diamante, escolha esta baseada na dureza do diamante, 10 na Escala Mohs. Durante o processo utilizou-se, preferencialmente, fresas de topo reto, esférico e cônico, sendo cada um destinado a uma parte do processo. As fresas de topo reto de diâmetros maiores são utilizadas, preferencialmente, para o primeiro desbaste. As fresas de topo esférico e cônico, com diâmetros reduzidos, são utilizadas, preferencialmente, para dar a forma final ao relevo. As fresas utilizadas podem

ser também monocortantes. Fresas com dimensões distintas podem ser utilizadas conforme a necessidade de reprodução de detalhes do desenho em relevo a ser usinado.

O processo de beneficiamento de minérios, minerais, mineralóides, rochas e materiais gemológicos através da usinagem CNC na presente invenção, compreende as etapas a seguir, esquematizado no fluxograma da figura 1.

1) a preparação do material gemológico (corte e polimento):

A preparação do material gemológico, primeira etapa do processo, consiste na avaliação da amostra que se pretende usinar, com a finalidade de selecionar a região mais propícia à formação do relevo para a produção de peças, objetos ornamentais, jóias ou semi-jóias, especialmente camafeus. Em seguida, é efetuado o corte desta amostra utilizando uma serra diamantada, produzindo uma pré-forma. Essa pré-forma pode ser circular, retangular, cúbica, plana e outras. Nesta etapa é feito um polimento do material a fim de proporcionar uma melhor precisão de desbastes durante a usinagem final da etapa 6.

Essa primeira etapa, para o primeiro desbaste, é realizada, preferencialmente, numa fresadora com fresas de topo reto de diâmetros maiores, preferencialmente de 6 a 10 mm de diâmetro.

2) a criação de uma forma em software vetorial ou captação de imagem por escaneamento 3D:

O processo de criação da peça pode ser através da criação de uma forma em software vetorial CAD como também pelo meio da digitalização 3D da forma desejada. O arquivo deve ser salvo em uma extensão reconhecida pelo software CAM®, onde são definidas as espessuras e as estratégias de usinagem relacionadas ao equipamento e os parâmetros da ferramenta diamantada utilizada para o corte do material. O código de programação gerado é enviado a fresadora CNC.

No caso da digitalização 3D, de posse do protótipo ou objeto que se deseja copiar ou reproduzir, pode ser realizada a digitalização do mesmo com



o auxílio de um scanner tridimensional a laser. Geometricamente, os dados são processados como coordenadas da superfície no espaço tridimensional (X,Y,Z). Uma varredura superficial pode retornar milhares de pontos, de acordo com o tamanho da área analisada e o espaçamento entre pontos utilizado.

5     Recomenda-se a captura de uma quantidade significativa de pontos a fim de garantir uma resolução adequada para descrever corretamente a superfície do protótipo ou objeto modelo. Preferencialmente, o espaçamento entre os pontos necessita ser menor que o tamanho dos detalhes que se deseja alcançar e que para superfícies de textura claramente visível a olho nu, o espaçamento,  
10     preferencial está na faixa de 0,01mm a 10mm, preferivelmente na faixa de 0,05 a 5mm, prioritariamente 0,1mm para fornecer resultados ótimos. Durante os experimentos dessa invenção foi utilizado um scanner a laser da marca Technodrill®, modelo 3D a laser OPTIMET® Digimill, com lente de 50 mm, a qual captou pontos com precisão de 0,05 mm. No entanto qualquer scanner a  
15     laser poderá ser utilizado para a varredura/mapeamento do protótipo ou objeto modelo desde que atenda as necessidades da presente invenção.

Após a digitalização, as nuvens de pontos são tratadas para remover dados não interessantes, como as partes da superfície varrida que não representam o protótipo ou objeto modelo (como a mesa de digitalização,  
20     suportes, etc) e os pontos que representam erro, equivocadamente posicionados por alguma falha do laser (ruído) ou por uma parte da superfície difícil de ser capturada (como cantos-vivos). Essa etapa visa um detalhamento maior e a melhor definição da imagem 3D obtida.

Assim, será necessário aplicar filtros nos pontos obtidos pela  
25     digitalização, de modo a eliminar ruídos (fontes de erro), pois o resultado de uma digitalização é muito dependente da qualidade do equipamento de digitalização, da preparação da amostra e das condições externas como temperatura, vibração, luminosidade, etc. Porém, por mais controlado que seja o processo, sempre haverá ruídos elétricos ou mecânicos, os quais causarão  
30     distorções indesejadas na nuvem de pontos. Considerando que a superfície digitalizada pode possuir milhões de pontos, que variam de acordo com a

resolução escolhida, o arquivo gerado pode tornar-se muito grande e pesado para manipulação em computadores convencionais. Assim, o uso de filtros torna-se também importante para reduzir o tamanho dos arquivos, facilitando sua posterior manipulação. Uma filtragem nos pontos de uma nuvem pode  
5 diminuí-la consideravelmente sem prejuízo de qualidade (geralmente em mais de 50%). Esta filtragem mantém apenas os pontos realmente significativos para representar o objeto, ou seja, quanto menos detalhes existirem na superfície da peça, menor será a quantidade de pontos que serão necessários para representá-la, mantendo-se assim, a qualidade da superfície do objeto ao  
10 mesmo tempo que o número de pontos da nuvem é consideravelmente reduzido. O tratamento das nuvens de pontos pode ser realizado com softwares comerciais. Durante os experimentos da presente invenção, foi utilizado o software Geomagic®.

Como resultado desse escaneamento/mapeamento é/são obtido(s)  
15 arquivo(s) digital(is) adequados que armazenam as coordenadas X, Y e Z, que descrevem a superfície do objeto e que são dados fundamentais para geração da rotina de usinagem CNC.

As coordenadas dos eixos X e Y são geradas pela posição do cabeçote laser (que se move nos eixos X e Y) na máquina CNC em relação à sua  
20 posição inicial, e a coordenada do eixo Z é obtida através das informações geradas pelo scanner tridimensional a laser. O cabeçote de digitalização conoscópico consiste na emissão, através de um diodo, de um feixe de laser, o qual é refletido por um divisor de feixe e incide pontualmente sobre a peça a ser medida. A luz dispersada retorna da peça, passa através do divisor de  
25 feixe, por um cristal birrefringente e é detectada pelo sensor CCD (Dispositivo de Carga Acoplado). O Dispositivo CCD é um tipo de sensor formado por um conjunto de capacitores sensíveis a luz. O cristal birrefringente modifica diferentemente a velocidade de cada raio de luz de acordo com seu ângulo, criando um padrão de franjas com alto contraste no detector CCD. Uma vez  
30 que o ângulo do raio de luz é função da distância entre um plano de referência e o ponto de laser projetado no objeto, esta distância pode ser então

determinada pela análise das características do padrão criado. A relação entre o sinal no detector CCD e a distância dos objetos é determinada por um processo preciso de calibração realizado para cada lente objetiva utilizada.

Após o tratamento da “nuvem de pontos”, pode-se gerar superfícies tridimensionais selecionando qual parte será usinada. A partir da nuvem de pontos já filtrada, é possível unir os pontos, preferencialmente, três a três formando inúmeros triângulos, criando-se assim uma malha tridimensional da superfície da peça. Com a malha criada, é possível se fazer uma série de alterações, como suavizar a superfície, criar furos, alterar cantos vivos, entre outras possibilidades. Arquivos com dados de malhas de triângulos planos, os quais também contêm informações sobre os vértices e as normais de cada triângulo, podem ser salvos em arquivos digitais adequados. Preferencialmente e de forma não-limitante, no formato STL. O STL (de STereoLithography) é o formato padrão na indústria para os sistemas de prototipagem rápida. São recomendados alguns procedimentos preferenciais para a conversão do arquivo neste formato: a) usar tolerância preferencial de 0,01mm para que o modelo não fique facetado; b) fechar todos os furos porventura existentes na malha; c) orientar as normais dos triângulos para fora da superfície; d) exportar o arquivo no formato binário. Acrescenta-se a estes a importante eliminação de possíveis intersecções entre alguns triângulos.

O arquivo digital adequado gerado, após o tratamento da nuvem de pontos em formato virtual é, preferencialmente e não limitante, em formato STL, que possa ser diretamente exportado para um programa CAM (Computer-Aided Manufacturing) para a definição das estratégias de produção.

### 3) a determinação de volumes e espessuras via software CAM.

Nesta etapa, o volume do relevo é definido, assim como a altura, relacionados com a fresa utilizada. Os relevos podem ser usinados em várias etapas com diferentes ferramentas.

### 4) a definição de parâmetros e estratégias de usinagem do equipamento e da ferramenta em software CAM

Para cada fresa utilizada, são determinados parâmetros de usinagem específicos: avanços laterais, velocidade, avanço de 'mergulho na peça', conforme a geometria e função da fresa (desbaste, acabamento).

5 Através da imagem tridimensional é gerada a estratégia de usinagem para máquina CNC através do programa CAM. O material usinado deve ser um material compatível, apto a usinagem, como por exemplo minérios, minerais, mineralóides, rochas e materiais gemológicos através da usinagem CNC na reprodução de formas simples e/ou complexas, preferencialmente o beneficiamento de gemas como a opala, opala branca, ágata, ametista, citrino, 10 jaspe, quartzo, sílica, entre outros similares.

A usinagem da peça se dá pelo processo preferencial de fresamento. Pode-se, se necessário, realizar operações de furação. No entanto, outros tipos de usinagem que atendam as necessidades que mantenham a qualidade do objeto poderão ser utilizados.

15 Nos testes realizados, existiu a verificação dos parâmetros de usinagem analisando-se o resultado final, permitindo a determinação de uma estratégia mais precisa para o processo. Os parâmetros variaram de 50 a 175 mm / min de avanço lateral; o avanço vertical variou de 25 a 50 mm / min e o passo vertical variou de 0,5 a 1,5 mm / min. Estes parâmetros variam de acordo com 20 o material utilizado, com o volume a ser reproduzido e dependem também, do tipo de fresa utilizada.

#### 5) a fixação do material no ambiente de usinagem;

Para o andamento do processo, existe a fixação da amostra do material gemológico, esta fixação pode ser feita de qualquer forma que atenda a 25 necessidade do processo, preferencialmente é feita com cola epóxi em uma superfície lisa. Após fixada a amostra é imersa em água, para evitar a elevação da temperatura durante a usinagem.

#### 6) execução da usinagem CNC.

30 A amostra numa pré-forma previamente determinada e executada na etapa 1 e fixada como na etapa 5 é então submetida à usinagem final. Alguns materiais gemológicos, como a opala por exemplo, possui uma estrutura

interna composta por grande quantidade de água, necessitando de um bom sistema de refrigeração ao passar pelo processo de usinagem.

Essa última etapa, é realizada, preferencialmente, numa fresadora com fresas de topo esférico e/ou cônico, com diâmetros reduzidos, preferencialmente de 1,6 a 1 mm de diâmetro, respectivamente, para dar a forma final ao relevo.

Nos experimentos realizados, a opala branca, um material gemológico que oferece dificuldades quanto a interferências do beneficiamento, devido à instabilidade e fragilidade de sua estrutura, obteve bons resultados de beneficiamento através da usinagem CNC, uma vez seguindo as devidas precauções como a definição correta dos parâmetros de usinagem e a refrigeração adequada. Os parâmetros adequados não se referem, preterivelmente, ao aumento ou redução de velocidade e avanços, mas também da aplicação de várias estratégias de usinagem (várias fresas) para uma única usinagem. Deste modo, ocorre a preservação das fresas e otimização de tempo.

Além das inovações observadas, este processo pode vir a modificar a cultura empresarial das regiões mineradoras, beneficiadoras de material gemológico e também de comércio de objetos ornamentais, jóias e semi-jóias, propiciando um novo uso aos materiais e rejeitos, uma vez que, por exemplo, a ágata já é vastamente utilizada para produção de objetos sem apelo estético e com tecnologias já obsoletas.

Os versados na arte valorizarão os conhecimentos aqui apresentados e poderão reproduzir a invenção nas modalidades apresentadas e em outros variantes, abrangidos no escopo das reivindicações anexas.

### Reivindicações

#### PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DE MATERIAIS GEMOLÓGICOS ATRAVÉS DE USINAGEM CNC

- 5 1. Processo de beneficiamento de minérios, minerais, mineralóides, rochas e materiais gemológicos, **caracterizado por** utilizar a usinagem CNC na reprodução de formas simples e/ou complexas nesses materiais, compreendendo as seguintes etapas:
- 10 1) a preparação do material gemológico (corte e polimento);
- 2) a criação de uma forma em software vetorial ou captação de imagem por escaneamento 3D;
- 3) a determinação de volumes e espessuras via software CAM;
- 4) a definição de parâmetros e estratégias de usinagem do equipamento e da ferramenta em software CAM;
- 15 5) a fixação do material no ambiente de usinagem; e
- 6) execução da usinagem CNC.
2. Processo de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelos** minérios, minerais, mineralóides, rochas e materiais gemológicos compreenderem a opala, opala branca, ágata, ametista, citrino, jaspe, quartzo, sílica e similares.
- 20 3. Processo de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pela** preparação do material gemológico compreender a produção uma pré-forma circular, retangular, cúbica, plana e/ou outras, que recebe um polimento.
- 25 4. Processo de acordo com a reivindicação 1 ou 3, **caracterizado pela** etapa de preparação do material gemológico ser realizada numa fresadora com fresas de topo reto medindo na faixa de 6 a 10 mm de diâmetro.
- 30 5. Processo de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pela** etapa de criação de uma forma em software vetorial ou captação de imagem por escaneamento 3D ser feita em um scanner 3D e ter o espaçamento entre

os pontos necessariamente menor que o tamanho dos detalhes que se deseja alcançar.

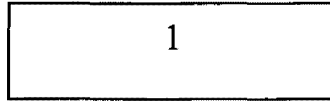
- 5 6. Processo de acordo com a reivindicação 1 ou 5, **caracterizado pela** etapa de criação de uma forma em software vetorial ou captação de imagem por escaneamento 3D ser feita em um scanner 3D e ter o espaçamento entre os pontos na faixa de 0,01mm a 10mm.
- 10 7. Processo de acordo com a reivindicação 1, 5 ou 6, **caracterizado pela** etapa de criação de uma forma em software vetorial ou captação de imagem por escaneamento 3D ser feita em um scanner 3D e ter o espaçamento entre os pontos na faixa de 0,05 a 5mm.
- 15 8. Processo de acordo com a reivindicação 1, 5, 6 ou 7, **caracterizado pela** etapa de criação de uma forma em software vetorial ou captação de imagem por escaneamento 3D ser feita em um scanner 3D e ter o espaçamento entre os pontos de 0,1mm.
- 20 9. Processo de acordo com a reivindicação 1, 3, 5 ou 8, **caracterizado pela** nuvem de pontos ser tratada para remover dados não interessantes à análise.
- 25 10. Processo de acordo com a reivindicação 1 ou 9, **caracterizado pela** filtragem da nuvem de pontos manter apenas os pontos realmente significativos para representar o objeto.
- 30 11. Processo de acordo com a reivindicação 1, 3, 5, 8, 9 ou 10, **caracterizado por** obter arquivo(s) digital(is) com as coordenadas X, Y e Z que descrevem a superfície do objeto.
12. Processo de acordo com a reivindicação 1, 3, 5, 8, 9, 10 ou 11, **caracterizado por** unir os pontos da nuvem de pontos tratada três a três formando inúmeros triângulos, para criar uma malha tridimensional da superfície da peça.
13. Processo de acordo com a reivindicação 1, 3, 5, 8, 9, 10, 11 ou 12, **caracterizado por** armazenar os dados em um arquivo digital adequado.
14. Processo de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado pelo** arquivo digital adequado estar no formato STL.

15. Processo de acordo com a reivindicação 1, 3, 5, 8, 9, 10, 11, 12 ou 13, **caracterizado pelo** arquivo digital adequado ser diretamente exportado para um programa CAM.
- 5 16. Processo de acordo com a reivindicação 1, 3, 5, 8, 9, 10, 11, 12 ou 13, **caracterizado pela** usinagem da peça ser feita através do processo de fresamento.
17. Processo de acordo com a reivindicação 1, 3, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13 ou 16, **caracterizado pela** fixação da amostra ser feita com cola epóxi em uma superfície lisa.
- 10 18. Processo de acordo com a reivindicação 1, 3, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16 ou 17, **caracterizado pela** amostra fixada estar imersa em água durante a usinagem.
- 15 19. Processo de acordo com a reivindicação 1, 3, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 17 ou 18, **caracterizado pela** execução da usinagem CNC ser realizada numa fresadora com fresas de topo esférico e/ou cônico, com diâmetros entre 1,6 a 1 mm, respectivamente.
- 20 20. Processo de acordo com a reivindicação 1, 3, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 17 ou 18, **caracterizado por** proporcionar cortes de precisão em minérios, minerais, mineralóides, rochas e materiais gemológicos para criação e/ou reprodução de formas simples e/ou complexas, ou relevos esculpidos nesses materiais.
- 25 21. Processo de acordo com a reivindicação 1, 3, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 17 ou 18, **caracterizado por** proporcionar a produção de peças, camafeus, objetos ornamentais, jóias ou semi-jóias com a reprodução exata do mesmo desenho em mais de uma peça do mesmo material e/ou em materiais distintos.

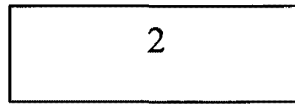


**Figuras**

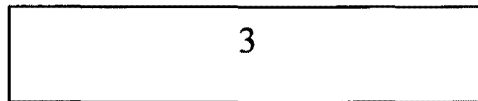
5



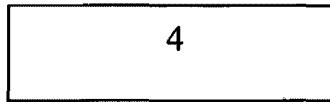
10



15



20



25

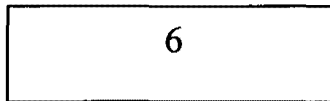
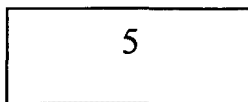


Figura 1

**Resumo****PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DE MATERIAIS GEMOLÓGICOS  
ATRAVÉS DE USINAGEM CNC**

5           A presente invenção diz respeito à área de beneficiamento de minérios,  
minerais, mineralóides, rochas e materiais gemológicos, e à área de produção  
e engenharia de jóias e semi-jóias. Mais especificamente, a presente invenção  
refere-se a um processo de beneficiamento de minérios, minerais,  
10 mineralóides, rochas e materiais gemológicos através da usinagem por CNC na  
reprodução de formas simples e/ou complexas.