



Centro de Tecnologia Mineral do IFRN
CT Mineral Prof. José Yvan Pereira Leite
Laboratório de Gemologia e Lapidação do CT Mineral do IFRN
Rua Manoel Lopes Filho, 773 A
Walfredo Galvão, Currais Novos - RN, CEP 59380-000
Contato: 84 4005-4117 Ramal: 5480
E-mail: ctmineral@ifrn.edu.br



RELATÓRIO DE ANÁLISES

Nº do Processo: 0802399-85.2022.8.20.5103

Telefone: (84) 3673-9582

E-mail: csssecuni@tjrn.jus.br

Nº de Amostras: 06

Data de Recebimento:

Data de Emissão: 02 - dezembro - 2024

1. ENSAIOS REALIZADOS

Primeiramente, foi realizada uma análise macroscópica para observar as propriedades visíveis das pedras. As amostras apresentam cor azul-claro, com variações para o azul mais intenso, o que sugere uma composição com elementos que influenciam essa tonalidade.

Quanto à dureza, as pedras possuem uma resistência superior a 7,0 na escala de Mohs, pois riscam o vidro, indicando que são materiais relativamente duros. No entanto, as pedras se mostram anédricas, o que significa que não apresentam formas cristalinas bem definidas, impossibilitando identificar seu hábito cristalino de maneira precisa.

Em relação à sua fratura, observamos que as pedras apresentam fratura desigual e concóide, o que é típico de materiais com baixa clivagem. A clivagem é considerada imperfeita, o que significa que não há tendência clara de fraturar ao longo de planos específicos.

A cor das amostras varia desde um tom de azul-claro ao azul, com brilho vítreo a resinoso, e as pedras apresentam uma transparência variando de translúcida ou transparente, conforme a intensidade da luz.

Durante o procedimento de coleta e inspeção das pedras, foi possível observar que algumas amostras dos lotes possuíam cristais sub euédricos prismáticos, o que indica que, apesar de não apresentarem um hábito cristalino bem definido, ainda há algum desenvolvimento de faces cristalinas. Além disso, essas amostras pertencem ao sistema

- Os resultados apresentados neste documento são restritos e se aplicam ao espécime ensaiado.
- A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.
- A representatividade da amostra enviada ao Centro de Tecnologia Mineral é de inteira responsabilidade do cliente.
- Este documento não reserva o direito de certificação.





Centro de Tecnologia Mineral do IFRN

CT Mineral Prof. José Yvan Pereira Leite
Laboratório de Gemologia e Lapidação do CT Mineral do IFRN
Rua Manoel Lopes Filho, 773 A
Walfredo Galvão, Currais Novos - RN, CEP 59380-000
Contato: 84 4005-4117 Ramal: 5480
E-mail: ctmineral@ifrn.edu.br



cristalino hexagonal, o que contribui para a sua estrutura interna. Essas características são importantes para o entendimento das propriedades físico-químicas das pedras, ajudando a direcionar a identificação desse mineral.

RESULTADOS ANALÍTICOS

A análise por fluorescência de raios-x se baseia na medição das intensidades dos raios-x característicos emitidos pelos elementos que constituem uma determinada amostra, quando excitada por partículas como elétrons, prótons ou íons produzidos em aceleradores de partículas, ou ondas eletromagnéticas, além do processo mais utilizado que é mediante tubos de raios-x (Melo Júnior, 2007). A radiação eletromagnética incidente interage com a amostra, ocasionando espalhamento, emissão e absorção de radiação eletromagnética. O processo de emissão da radiação se dá através da excitação de elétrons das camadas mais internas dos átomos (K, L e M), que quando retornam ao seu estado inicial emitem radiação com energias específicas. Essas emissões são chamadas de fluorescência de raios-x e possuem valores relativos à diferença entre o estado excitado e o estado inicial, sendo únicas para cada elemento químico.

A fluorescência pode ser medida através do comprimento de onda (WDS) ou de sua energia (EDS) e permite a identificação da espécie atômica envolvida na transição, bem como a determinação de sua abundância (Chvátal, 2007; Skoog et al., 2009). Os dados das análises foram obtidos utilizando um espectrômetro de bancada de energia dispersiva (EDX), da marca Thermo Fisher Scientific, modelo ARL QUANT'X, com colimador de 3,5 mm. A fim de melhorar a acurácia dos resultados, as pedras de ambos os lotes foram analisadas individualmente. Os valores adquiridos foram calculados sob forma de óxidos.

- Os resultados apresentados neste documento são restritos e se aplicam ao espécime ensaiado.
- A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.
- A representatividade da amostra enviada ao Centro de Tecnologia Mineral é de inteira responsabilidade do cliente.
- Este documento não reserva o direito de certificação.





Centro de Tecnologia Mineral do IFRN
CT Mineral Prof. José Yvan Pereira Leite
Laboratório de Gemologia e Lapidação do CT Mineral do IFRN
Rua Manoel Lopes Filho, 773 A
Walfredo Galvão, Currais Novos - RN, CEP 59380-000
Contato: 84 4005-4117 Ramal: 5480
E-mail: ctmineral@ifrn.edu.br



As análises geradas por EDXRF estão apresentadas na tabela 1.

Tab. 1

Amostra % peso em óxido	LMA.PG	LMA.PM	LMA.PP	LME.PG	LME.PM	LME.PP
Na ₂ O	-	-	-	-	-	-
Al ₂ O ₃	19,09	20,27	19,68	18,95	16,89	18,21
SiO ₂	67,33	72,76	70,82	73,02	69,79	72,42
Cs ₂ O	5,47	1,20	3,59	0,94	2,79	1,89
MnO	0,03	0,02	0,03	0,05	0,07	0,06
Fe ₂ O ₃	3,01	2,35	2,80	2,69	4,79	3,49
Rb ₂ O	0,02	0,01	0,02	0,07	0,17	0,11
Cr ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-
ZnO	0,06	0,07	0,08	0,17	0,12	0,08
La ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-
Ni ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-
Ga ₂ O ₃	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03
Nb ₂ O ₅	-	-	-	-	-	-
Ta ₂ O ₅	-	-	-	-	-	-
BeO*	4,98	3,29	2,95	4,09	5,35	3,72
Total	100	100	100	100	100	100

(*): Valor teórico estabelecido para o berílio

(-): Elemento não encontrado na composição da gema

Berílio, por se tratar de um elemento leve, não é detectado por esta técnica, sendo utilizados então valores teóricos. A técnica utilizada para determinar esses valores, é conhecida como cálculo por diferença, em que a concentração dos elementos é estimada subtraindo a soma de todos os óxidos identificados de 100%; a diferença é correspondente ao óxido de Berílio.

- Os resultados apresentados neste documento são restritos e se aplicam ao espécime ensaiado.
- A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.
- A representatividade da amostra enviada ao Centro de Tecnologia Mineral é de inteira responsabilidade do cliente.
- Este documento não reserva o direito de certificação.





Centro de Tecnologia Mineral do IFRN

CT Mineral Prof. José Yvan Pereira Leite
Laboratório de Gemologia e Lapidação do CT Mineral do IFRN
Rua Manoel Lopes Filho, 773 A
Walfredo Galvão, Currais Novos - RN, CEP 59380-000
Contato: 84 4005-4117 Ramal: 5480
E-mail: ctmineral@ifrn.edu.br



CONCLUSÕES

Todos os resultados obtidos confirmaram que as amostras trabalhadas correspondem ao mineral berilo. Os resultados das análises de fluorescência de raios-x, além da literatura, indicaram que o elemento determinante para a cor desse mineral trata-se do elemento Ferro, que está presente nos canais e/ou na estrutura do Berilo e é responsável pela coloração azul observada, e designa a variedade gemológica água-marinha. Consequentemente, o aumento no teor de Ferro, em geral, se relaciona diretamente com o aumento de saturação de cor, salvo influência do tamanho da gema.

Berilo é um mineral pertencente ao grupo de mesmo nome, da classe dos silicatos, e subclasse dos ciclossilicatos. Apresenta estrutura hexagonal, dureza 7,5 a 8,0 na escala de Mohs, densidade de aproximadamente 2,72 g/cm³ e pode ser definido pela fórmula geral Be₃Al₂(SiO₃)₆. O sítio dominado pelo Al³⁺ encontra-se em coordenação octaédrica, enquanto os sítios dominados por Si⁴⁺ e Be²⁺ encontram-se em coordenação tetraédrica. Exibe canais estruturais na direção do eixo c de crescimento do cristal, que podem ser preenchidos por álcalis, CO₂ e/ou H₂O (Ginsburg, 1955; Wood & Nassau, 1968; Aines & Rossman, 1984).

O berilo é um mineral alocromático, ou seja, quando não apresenta impurezas em sua composição, ele ocorre de forma incolor. O principal mecanismo que controla as variabilidades gemológicas deste mineral está relacionado à presença de impurezas, que seletivamente absorvem determinados comprimentos de onda constituintes da faixa de luz visível, gerando cor. A água-marinha é a variedade gemológica do berilo cuja cor varia de azul a azul esverdeado e tem como causa a presença de Fe²⁺ e Fe³⁺ (Branco, 2008). Normalmente os cristais de água-marinha só atingem a intensidade de cor mais valorizada com tamanhos superiores a 5 quilates. Isso ocorre, pois, quanto maior o tamanho da gema, maior é o caminho que a luz tem a percorrer dentro da mesma e, portanto, maior é a absorção seletiva de luz. A coloração da água-marinha ocorre devido à presença de íons bivalentes e trivalentes de ferro na sua estrutura cristalina e canais estruturais. Esses íons controlam tanto

- Os resultados apresentados neste documento são restritos e se aplicam ao espécime ensaiado.
- A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.
- A representatividade da amostra enviada ao Centro de Tecnologia Mineral é de inteira responsabilidade do cliente.
- Este documento não reserva o direito de certificação.





Centro de Tecnologia Mineral do IFRN

CT Mineral Prof. José Yvan Pereira Leite
Laboratório de Gemologia e Lapidação do CT Mineral do IFRN
Rua Manoel Lopes Filho, 773 A
Walfredo Galvão, Currais Novos - RN, CEP 59380-000
Contato: 84 4005-4117 Ramal: 5480
E-mail: ctmineral@ifrn.edu.br



a tonalidade quanto a saturação da cor (Belakovskiy, 2005). Basicamente a tonalidade azul é relacionada ao íon de ferro com valência 2+ (Nassau, 1999), enquanto a verde é na realidade um resultado da interação entre essa coloração azul anteriormente descrita com a amarela, ocasionada por íons de ferro com valência 3+ na estrutura do Berilo. A água-marinha, em geral, é tratada termicamente (aquecida) para desestabilizar o Fe³⁺ e reduzi-lo para Fe²⁺, evitando que o primeiro influencie na cor final da gema. O objetivo é eliminar a tonalidade amarela e enaltecer o tom azul mais valorizado pelo mercado. Segundo Isotani et al. (1987), o aquecimento da água-marinha a uma temperatura de 600 °C por 50 minutos é o suficiente para alcançar o máximo aproveitamento no tratamento. Esse tratamento nem sempre resulta em melhora para a gema, sendo necessário alguns cuidados ao escolher a gema que será tratada.

Pureza:

Segundo a classificação internacional proposta pelo Gemological Institute of America (GIA), existem 3 diferentes tipos de gemas classificadas conforme a quantidade de inclusões normalmente encontradas. As gemas do Tipo I são gemas que raramente possuem inclusões a olho nu, as do Tipo II normalmente apresentam inclusões moderadas, e as do Tipo III frequentemente apresentam uma abundância de inclusões vistas a olho nu. A água-marinha é classificada como gema do Tipo I, ocorrendo normalmente sem inclusões ou fraturas relevantes. Portanto, inclusões em uma água-marinha podem afetar severamente o seu valor de mercado de forma negativa; gemas sem inclusões visíveis a olho nu atingem uma maior valorização. Um dos cuidados salientados anteriormente para que a água-marinha possa ser tratada termicamente para melhorar sua cor, é a quantidade e tipo de inclusões. Uma água-marinha que possui muitas inclusões, não deveria ser submetida a altas temperaturas, pois o risco de fraturamento é grande.

- Os resultados apresentados neste documento são restritos e se aplicam ao espécime ensaiado.
- A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.
- A representatividade da amostra enviada ao Centro de Tecnologia Mineral é de inteira responsabilidade do cliente.
- Este documento não reserva o direito de certificação.





Centro de Tecnologia Mineral do IFRN

CT Mineral Prof. José Yvan Pereira Leite
Laboratório de Gemologia e Lapidação do CT Mineral do IFRN
Rua Manoel Lopes Filho, 773 A
Walfredo Galvão, Currais Novos - RN, CEP 59380-000
Contato: 84 4005-4117 Ramal: 5480
E-mail: ctmineral@ifrn.edu.br



Lapidação:

As diferentes lapidações e seus formatos estão sujeitas as oscilações de valor segundo a oferta e demanda do mercado. Porém, a simetria, proporções da lapidação, angulação correta de cada faceta e o polimento, são características inerentes que alteram o brilho e até mesmo a cor da gema, e impactam diretamente no seu valor final. Uma lapidação sem as proporções ideais, com altura baixa, pode ocasionar na fuga da luz, e resultar em um aspecto sem brilho e sem cor, chamado de “janela” pelo mercado joalheiro. Já uma lapidação alta demais tem como resultado campos escuros na gema, prejudicando o visual, dificultando a montagem em uma joia e agregando peso desnecessário à gema. A maioria das gemas de água-marinha encontradas atualmente no mercado possuem lapidações tradicionais, como a lapidação “esmeralda” (retangular) e oval abrihantada. Essas lapidações tradicionalmente são mais valorizadas no mercado, conceito que vem mudando a cada dia com a constante valorização de lapidações modernas, visando um brilho mais acentuado e uma cor mais intensa. O berilo é um mineral pleocroico, apresentando em uma direção cristalográfica um forte azul e em outra nenhuma cor. Portanto, a orientação de lapidação na água-marinha afeta também outro aspecto de valoração, a cor. Coincidente e felizmente, essa direção cristalográfica com maior concentração de cor azul (ao longo do eixo c) é a mesma orientação de lapidação que normalmente retém a maior quantidade de peso à pedra. O peso em uma gema é tradicionalmente medido em quilates, geralmente representado pela sigla “ct”, uma abreviação da palavra inglesa “carat”. O quilate (ct) corresponde a quinta parte de um grama ($1 \text{ ct} = 1/5 \text{ g}$ ou $0,2\text{g}$). Todavia, quando o mineral ainda se encontra no seu estado bruto (não lapidado) a medida correta a ser usada é o grama ou quilograma. A água-marinha pode ser encontrada em diversos tamanhos e pesos, desde poucos gramas até pesos superiores a 50 quilogramas. Gemas lapidadas com o peso superior a 50 quilates são raras, porém não tanto quanto a maioria das outras variedades gemológicas. Em geral, o preço por quilate da água-marinha aumenta gradativamente segundo o aumento do seu peso. Isso ocorre, pois, o tamanho e o peso são diretamente proporcionais à raridade da gema. No setor joalheiro a demanda é majoritariamente de gemas com até 25 quilates (devido à dificuldade em usar

- Os resultados apresentados neste documento são restritos e se aplicam ao espécime ensaiado.
- A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.
- A representatividade da amostra enviada ao Centro de Tecnologia Mineral é de inteira responsabilidade do cliente.
- Este documento não reserva o direito de certificação.





Centro de Tecnologia Mineral do IFRN

CT Mineral Prof. José Yvan Pereira Leite
Laboratório de Gemologia e Lapidação do CT Mineral do IFRN
Rua Manoel Lopes Filho, 773 A
Walfredo Galvão, Currais Novos - RN, CEP 59380-000
Contato: 84 4005-4117 Ramal: 5480
E-mail: ctmineral@ifrn.edu.br



gemas muito grandes e pesadas como adereço). Como resultado o preço por quilate da água-marinha com mais do que 25 quilates possui uma tendência levemente decrescente, exceto espécimes com tamanhos excepcionais ou valores históricos, comercializados no mercado de colecionadores.

Segundo Argentiére (1977) a cor do berilo é função do teor de BeO; quanto menor este teor mais esbranquiçada é a cor e mais rara a formação de água-marinha. Comumente o berilo contém pequenas quantidades de álcalis, mas a composição química teórica do mineral puro é 14% BeO, 19% Al₂O₃ e 67% SiO₂. A cor mais frequente da água-marinha do Rio Grande do Norte é azul-claro, sendo o azul-médio mais valioso e menos comum. A água-marinha pode ser límpida ou apresentar inclusões sólidas e líquidas diversas, sendo também quebradiça e sensível à pressão. O tratamento térmico à temperatura de 400 °C torna a cor azul mais escura e homogênea, aumentando o valor da pedra.

Mercado:

A água-marinha é a segunda variedade mais popular e desejada do mineral Berilo, perdendo nesses quesitos apenas para a esmeralda. Sua popularidade aumentou abruptamente após Assis Chateaubriand, então embaixador brasileiro, presentear a rainha britânica Elizabeth II com um conjunto de jóias com águas marinhas brasileiras deslumbrantes (Leite, 2019). A Rainha gostou tanto das jóias que posteriormente encomendou uma coroa para complementar o conjunto e utilizá-lo em ocasiões especiais. A partir dos anos 80, a entrada massiva do topázio azul tratado no mercado, foi responsável por um grande impacto negativo no comércio da água-marinha, principalmente nos Estados Unidos, devido à semelhança visual das duas gemas. Em contrapartida, os mercados asiáticos e europeus mantiveram sua preferência pela água-marinha e ainda aumentaram a demanda por gemas de alta qualidade. Embora ainda exista uma competição por espaço entre a água-marinha e o topázio azul, os preços discrepantes se tornam uma forma de seleção de público-alvo. Uma gema de água-marinha com 3 quilates e de qualidade excelente teria seu preço avaliado entre 400 e 600 dólares por quilate, enquanto uma gema de topázio azul com esse mesmo peso e mesma

- Os resultados apresentados neste documento são restritos e se aplicam ao espécime ensaiado.
- A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.
- A representatividade da amostra enviada ao Centro de Tecnologia Mineral é de inteira responsabilidade do cliente.
- Este documento não reserva o direito de certificação.





Centro de Tecnologia Mineral do IFRN

CT Mineral Prof. José Yvan Pereira Leite
Laboratório de Gemologia e Lapidação do CT Mineral do IFRN
Rua Manoel Lopes Filho, 773 A
Walfredo Galvão, Currais Novos - RN, CEP 59380-000
Contato: 84 4005-4117 Ramal: 5480
E-mail: ctmineral@ifrn.edu.br



qualidade não passaria de 20 dólares por quilate de valoração no mercado atual (GIA, Colored Stones, Assigment 22). Por vezes o topázio azul é utilizado por comerciantes como imitação da água-marinha, assim como o vidro azul, espinélio sintético, dentre outras imitações, isso ocorre devido ao alto valor da água-marinha. Embora métodos básicos de identificação facilmente os distinguem, a venda de imitações como gemas soltas ou em joias é uma prática frequente no mercado.

O preço de uma gema é definido com base em quatro variáveis. Primeiramente nota-se o tamanho da gema, o mercado usa o quilate, 200 mg, para medi-las. O segundo fator é a cor, normalmente tem-se que uma gema mais escura é mais valiosa. Pureza e lapidação são as últimas variáveis do preço de uma gema. (BRASIL. Serviço Geológico, 2020).

João Batista Monteiro de Sousa

Gemólogo
Engenheiro de Minas
CREA/RN 210211752-9

Elias Nunes Filho

Responsável Técnico
Técnico de Laboratório em Tecnologia Mineral
Matrícula SIAPE 2265032

Maria Clara da Silva Olinto

Técnico(a) Executor(a)
Matrícula SUAP 70691591458

- Os resultados apresentados neste documento são restritos e se aplicam ao espécime ensaiado.
- A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.
- A representatividade da amostra enviada ao Centro de Tecnologia Mineral é de inteira responsabilidade do cliente.
- Este documento não reserva o direito de certificação.

