





## Aspectos Gemológicos de Ametistas de Quixeramobim, Brasil

*Gemological Aspects of Amethysts from Quixeramobim, Brazil*

Isaac Gomes Oliveira<sup>1</sup> , Thainara Freires<sup>1</sup> , Eryckson Maciel<sup>2</sup> ,  
Lucilene Dos Santos<sup>1</sup> , William Paschoal<sup>3</sup>  & Tereza Neri<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Geologia, Fortaleza, CE, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Estadual de Campinas, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Campinas, SP, Brasil

<sup>3</sup>Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Física, Fortaleza, CE, Brasil

E-mails: isaacgomes\_1996@hotmail.com; thainara.freires@gmail.com; eryck.limac@gmail.com; lucilene.santos01@gmail.com; paschoal.william@fisica.ufc.br; tereza.neri@ufc.br

### Resumo

Desde o final do século XX tornou-se extremamente comum que os países com uma exploração significativa de gemas, cataloguem e divulguem as propriedades de suas gemas para diversos fins, como por exemplo mercadológicos, acadêmicos ou criminalísticos. No Brasil, existe uma defasagem nesse aspecto; muitas ocorrências minerais não têm suas propriedades gemológicas tabeladas, tampouco divulgadas. Além disto, as propriedades de minerais usados como gemas podem auxiliar ou até mesmo revelar novos aspectos acerca da evolução geológica da região onde um mineral foi encontrado. Este estudo visou à caracterização gemológica de ametistas de Quixeramobim (CE), no qual foram utilizados os equipamentos usuais da gemologia, como: refratômetro, dicrosscópico, espectroscópio, polariscópio, balança hidrostática, lâmpada fluorescente e microscópio gemológico. As ametistas de Quixeramobim têm as características padrão das ametistas de diferentes lugares do mundo, porém a abundância de inclusões fluidas e sólidas com orientação requer estudos mais aprofundados. Com exceção desta peculiaridade, as ametistas não possuem anomalias; diferente das ametistas de Santa Quitéria, também do Estado do Ceará, que têm como característica anômala uma birrefringência muito elevada. Isto demonstra a importância da caracterização gemológica não apenas em nível estadual/regional, mas também em escala Municipal, pois em um mesmo Estado podem haver algumas ocorrências do mesmo mineral, mas com características contrastantes. Logo, é importante caracterizar as ocorrências em diferentes contextos geológicos, pois o ambiente de formação interfere nas propriedades dos minerais.

**Palavras-chave:** Quartzo gemológico; Características gemológicas; Gemas Ceará

### Abstract

Since the end of the 20th century, it has become extremely usual for countries with a remarkable exploration of gems to catalog and disseminate the properties of their gems for various purposes, such as market, academic or criminal. In Brazil, there is a gap in this regard; many mineral occurrences do not have their gemological properties tabulated or disclosed. Globally, gemological studies do not cease and gemological data on minerals are updated frequently; as in the case of tourmalines. In addition, the properties of minerals used as gems can help or even reveal new aspects about the geological evolution of the region where a mineral occurs. For the gemological characterization of amethysts from Quixeramobim (CE), the usual gemology equipment was used, such as: refractometer, dicroscope, spectroscope, polariscope, hydrostatic balance, fluorescent lamp and gemological microscope. Quixeramobim amethysts have the standard characteristics of amethysts from different parts of the world, but the abundance of oriented fluid and solid inclusions requires further study. With the exception of this peculiarity, amethysts have no anomalies; unlike the amethysts from Santa Quitéria, also from the State of Ceará, which have a very high birefringence as an anomalous characteristic. This demonstrates the importance of gemological characterization not only at a State / Regional level, but also at the Municipal scale, as in the same State there may be occurrences of the same mineral, but with divergent properties. Therefore, it is important to characterize the occurrences in different geological contexts, as the formation environment can interfere with the characteristics of minerals.

**Keywords:** Gemological quartz; Gemological particulars; Ceará gems

## 1 Introdução

Em âmbito global, os estudos gemológicos não cessam e os dados gemológicos de minerais são atualizados com frequência. Isto faz-se necessário pois o mercado bilionário de gemas está em constante atualização. Além disto, as propriedades de minerais usados como gemas podem auxiliar ou até mesmo revelar novos aspectos acerca da evolução geológica da região onde ocorre este mineral em específico. Desde o final do século XX tornou-se extremamente usual que os países cuja exploração de gema é ou foi notável, cataloguem e divulguem as propriedades de suas gemas para diversos fins, sejam estes mercadológicos, acadêmicos ou criminalísticos. No Brasil, existe uma defasagem neste aspecto; muitas ocorrências minerais não têm suas propriedades gemológicas tabeladas, tampouco divulgadas, mesmo em regiões que já tiveram uma produção relevante. O país é um dos principais fornecedores de gemas e, paradoxalmente, a gemologia científica brasileira ainda é embrionária (Terra 2020).

A razão desta organização e divulgação dos dados ópticos/gemológicos é auxiliar e facilitar o trabalho dos profissionais que lidam com gemas e as imitações que simulam a aparência destes materiais, principalmente na sua identificação, diminuindo drasticamente a chance de um erro de reconhecimento. O termo “imitações” é usado para designar produtos que imitam as gemas naturais e que são usadas no intuito de reproduzir efeito óptico, cor e aparência das gemas naturais, ou por vezes sintéticas (Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos 2009).

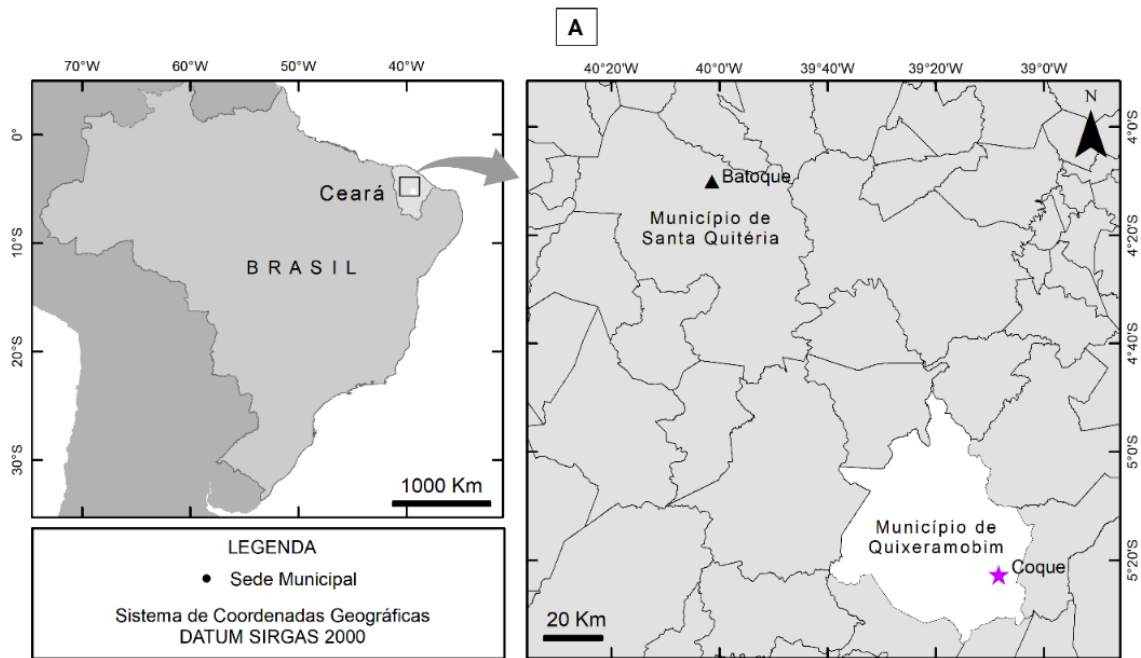
O quartzo é o mineral mais abundante na crosta terrestre. É um constituinte frequente da maioria das rochas ígneas, sedimentares e metamórficas, e também ocorre como material secundário, formando muitas vezes a cimentação dos sedimentos (Deer, Howie & Zussman 2010). A ametista é uma variedade de quartzo que ocorre em cores que variam do lilás claro ao roxo avermelhado profundo e que se cristaliza no sistema cristalino trigonal. Minerais com qualidades inferiores comercialmente podem ser esculpidos e transformados em uma grande variedade de outros objetos ornamentais (Arem 2020). Este mineral recebe sua cor devido a presença de ferro ( $Fe^{3+}$  e  $Fe^{4+}$ ) e outros oligoelementos, bem como da irradiação natural. As ametistas podem mostrar zoneamento de cores. O valor comercial de uma gema, incluindo a ametista, depende, quase inteiramente de sua cor, fator responsável por 50% da qualidade gemológica de um material (Arem 2020; Schumann 2020). Embora as cores mais escuras possuam os maiores valores econômicos, a ametista de cor clara teve um ressurgimento em popularidade. Os tons de violeta rosado

mais claros das ametistas são chamados de “Rosa da França” e também são valorizados no comércio (Arem 2020). As ametistas podem ser fabricadas hidrotermicamente em laboratórios, e os fabricantes também podem obtê-las por meio do bombardeamento do quartzo fumê com raios gama. Uma vez que a ametista natural é tão abundante e de baixo valor econômico, existe pouco incentivo para obtenção de exemplares sintéticos. No entanto, o material bruto sintético, algumas vezes, é vendido como bruto natural (Arem 2020).

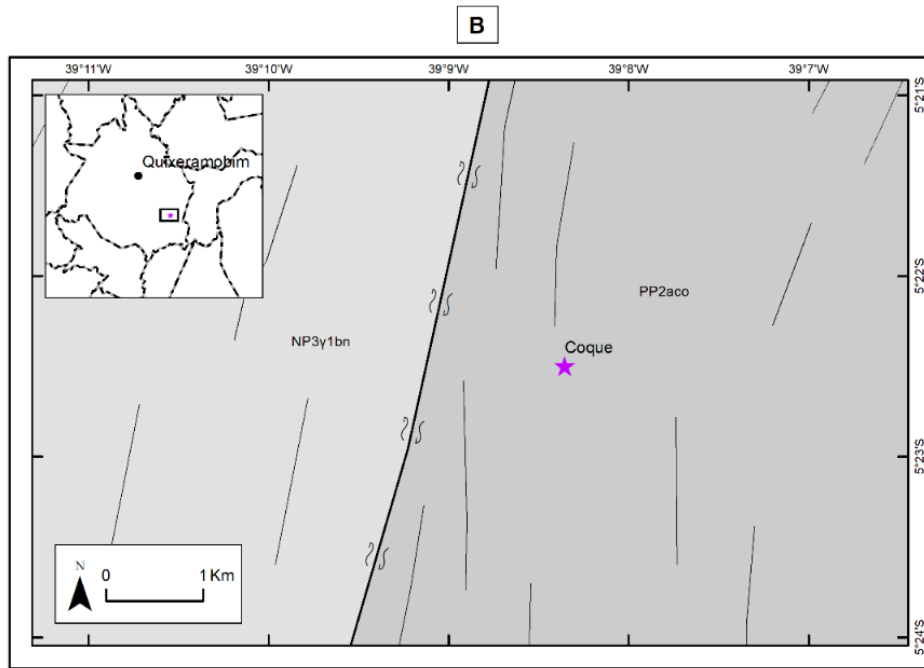
A caracterização gemológica também pode ter como finalidade identificar possíveis proveniências do mineral para valorização comercial (interferindo diretamente no valor econômico, como no caso dos rubis birmaneses e esmeraldas colombianas) e também para casos de perícia e investigação criminal. O art. 655 do Código Civil brasileiro institui que bancos e órgãos governamentais aceitem pedras lapidadas em penhora quando uma dívida entra em cobrança na justiça; pela lei, joias possuem tanto valor quanto o ouro (Brasil 2002).

Apesar de o quartzo ser muito comum, a ametista em qualidade de gema ocorre em regiões mais restritas. As principais fontes de ametistas são Brasil (Rio Grande do Sul), Bolívia, Uruguai e Zâmbia (Schumann 2020). O Brasil pode produzir exemplares de tamanho grande, mas geralmente de cor moderada; além de espécimes pequenos e de cor muito intensa como as ametistas do Rio Grande do Sul e de Santa Quitéria (Ceará) (Oliveira et al 2020). Muitos colecionadores e comerciantes de gemas preferem as gemas de tamanho menor, mas com cores mais ricas e evidentes, da Zâmbia, bem como, mais recentemente, do Uruguai. A região de *Four Peaks* no Arizona (Estados Unidos) também produz ametistas de alta qualidade. Outras fontes relevantes de qualidade de gema incluem os seguintes países: Austrália; Índia; Madagascar; México; Marrocos; Namíbia; Nigéria; Rússia; Coreia do Sul (Arem 2020).

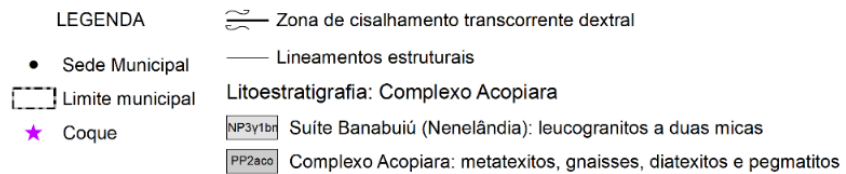
No Brasil, devido a abundância de ametistas sejam elas de qualidade gemológica ou não, foram realizados estudos por Baggio et al. (2015), Fisher et al. (2010), Gilg et al. (2002), Hartmann (2015), Hartmann et al. (2010), Juchem (2014), Juchem et al. (2001, 1994) e Proust & Fontaine (2007) envolvendo diversas propriedades, como químicas, petrográficas, acerca dos fluidos em quartzos, das rochas hospedeiras e geodos de ametistas. Estudos mais voltados para a gemologia e mineralogia acerca das ametistas, provenientes do Brasil, podem ser encontrados em trabalhos como Correa (2010,2007), Dotto & Isotani (2006), Guttler & Kohigashi (2006), Tononi et al. (2019). No Ceará, as propriedades gemológicas de ametistas na região de Santa Quitéria foram descritas por Oliveira et al. (2020) (Figura 1A).



Fonte: Modificado de IPECE, 2019



Fonte: Modificado de Pinéo, 2020



**Figura 1** Localização da área de estudo: A. Localidade de Coque, local de proveniência das amostras do presente trabalho; e da Localidade de Batoque, local de proveniências das ametistas de Oliveira et al. (2020); B. Mapa geológico da região de Coque.

Fonte: A. adaptado de Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará 2019; B. Pinéo 2020.

Este trabalho trata da caracterização gemológica de cinco cristais de ametistas provenientes do município de Quixeramobim, no estado do Ceará, geologicamente inserido no Distrito Pegmatítico Solonópole-Banabuiú. As propriedades destas ametistas foram comparadas com dados gerais mundiais como parte da identificação gemológica; procedimento padrão na caracterização de uma ocorrência gemológica de uma localidade estudada pela primeira vez. Em seguida, estas foram comparadas com os dados de ametistas de outra região dentro do Ceará, a fim de encontrar similaridades e divergências em gemas de mesma espécie dentro do mesmo Estado.

## 2 Contexto Geológico Regional

As ametistas estudadas neste trabalho são provenientes da localidade Coque, no município de Quixeramobim (IPECE 2019), que integra o Distrito Pegmatítico de Solonópole-Banabuiú (DPSB) (Figura 1A). Esse, por sua vez, está situado entre os domínios Ceará Central e Jaguaribeano da Província Borborema. Espacialmente, O DPSB, limitado pelas zonas de cisalhamento Senador Pompeu e Orós, abrange um recorte de litotipos do Complexo Acopiara e corpos graníticos da suíte intrusiva Banabuiú, principalmente (Figura 1B).

O Complexo Acopiara é composto por metatexitos, gnaisses aluminosos, diatexitos, biotita xistos, leucogranitos, pegmatitos, entre outras rochas metassedimentares (Pinéo 2020). Esse complexo corresponde a uma bacia neoproterozoica com deposição iniciada no Toniano (929 Ma) e inversão tectônica brasileira (620 Ma), concomitante a plutonismo sincolisional materializado nos leucogranitos tipo S da suíte Banabuiú. Transcorrências instaladas em 585 Ma são associadas à colocação dos corpos da suíte Rio Quixeramobim e de pegmatitos mineralizados (Palheta 2017).

Os corpos pegmatíticos são intrusivos, em maior quantidade, em xistos, gnaisses, migmatitos e, em menor quantidade, granitos. Segundo Parente et al. (2008) esses corpos possuem geometria tabular, ora lenticular, desde centimétricos a decamétricos e ocorrem preenchendo descontinuidades como fraturas e falhas, refletindo um controle estrutural para as mineralizações; adicionalmente, são orientados obliquamente à foliação regional, com mergulho subvertical. Idades entre 470 e 530 Ma (Almeida et al. 1968) são aceitas para o alojamento dos pegmatitos do Domínio Ceará Central.

## 3 Material e Métodos

Foram selecionados aleatoriamente cinco cristais de ametistas (Figura 2) provenientes do Município de

Quixeramobim (Ceará) de um montante de exemplares comerciais, sendo assim uma amostra representativa. As amostras foram obtidas em estado bruto e, posteriormente, foram lapidadas em formatos diversos. Adicionalmente, foi utilizada uma tabela de cor empregada pelo comércio que possui 384 cores e códigos hexadecimais (Devmedia 2013) para classificar a cor do mineral.

O método de trabalho aplicado para a caracterização gemológica realizada nas gemas do Distrito Pegmatítico Solonópole- Quixeramobim (Ceará), incluiu a utilização dos instrumentos clássicos das análises ópticas, sendo aplicado o uso de refratômetro, polariscópio, balança hidrostática, espectroscópio, dicroscópio, lâmpada fluorescente e microscópio gemológico.

### 3.1 Refratômetro

Este instrumento é um dos mais úteis em gemologia para identificação das gemas. A partir de seus dados, é possível medir o índice de refração do mineral, desde que esse índice esteja entre 1,40 a 1,81 e que o material não seja opaco. É possível ainda determinar a birrefringência, caráter e sinal óptico das gemas analisadas, por meio de equações matemáticas (Anderson 1984). Para obter o índice de refração, birrefringência, caráter e sinal óptico; por meio de uma leitura completa e com uma margem de erro mínima, torna-se necessário realizar de quatro a seis leituras, dependendo da dificuldade ao visualizar o índice de refração da gema, rotacionando o material aproximadamente em 60° graus a cada nova leitura (Anderson 1984). Foi utilizado um refratômetro marca *Rayner Dialdex* sem fonte de luz acoplada.

### 3.2 Dicroscópio

Este instrumento é muito útil para o trabalho gemológico, seu funcionamento é simples e com ele é possível visualizar o pleocroísmo das gemas. O pleocroísmo é causado pela absorção distinta da luz nos cristais birrefringentes, que pode ser forte, moderado ou fraco; se a mudança de tonalidade no mineral for muito visível o pleocroísmo é classificado como forte, quando a variação não é tão visível este é tido como médio e quando a mudança é pouco perceptível é classificado como fraco. Esta mudança nas cores da gema analisada é obtida quando se rotaciona o dicroscópio rente a um mineral. Este fenômeno não ocorre em gemas isotrópicas, amorfas e opacas, tampouco na maioria das translúcidas (Schumann 2020). Esta mudança nas cores da gema aferida é decorrente da falta de compensação dos índices de refração de gemas anisotrópicas, sendo uma consequência de minerais com os índices de refração muito



**Figura 2** Ametistas analisadas do Distrito Pegmatítico Solonópole-Quixeramobim, Brasil (amostras da esquerda para a direita). Ametista (Dark Orchid 4) com as seguintes dimensões: 15,90 x 10,58 x 6,22 mm. Ametista (Medium Orchid 4) com as dimensões: 15,64 x 9,86 x 6,23 mm. Ametista (Dark Orchid 4) com dimensões: 10,07 x 9,93 x 7,27 mm. Ametista (Dark Orchid 3) com as dimensões: 12,25 x 10,10 x 6,53 mm. Ametista (Plum 3) com dimensões: 14,24 x 10,60 x 7,05 mm.

diferentes. Quando ocorre uma compensação de  $n_o$  (raio ordinário)  $> n_e$  (raio extraordinário) ou  $n_e > n_o$  para os minerais uniaxiais e  $n_z > n_x$  ou  $n_x > n_z$  para os minerais biaxiais. Foi utilizado um microscópio portátil da GIA (Gemological Institute of America).

### 3.3 Lâmpada de Luz Ultravioleta

A fluorescência é um método de grande importância para a identificação das gemas, ela é causada pela presença de elementos químicos ativadores que ocorrem na estrutura cristalina do mineral (Schumann 2020), contudo é um método pouco eficaz para os minerais que possuam elevado teor de ferro em sua composição química, pois este elemento interfere diretamente neste fenômeno óptico. A fluorescência pode ser aferida em laboratório, ao aproximar a gema da fonte de luz ultravioleta e em um ambiente escuro ou com pouca iluminação. Neste trabalho foi utilizada uma lâmpada fluorescente da GIA.

### 3.4 Espectroscópio

Este instrumento permite observar as bandas de absorção que se formam no espectro luminoso de uma maneira peculiar a cada pedra examinada; enquanto que em alguns minerais essas bandas ficam mais espessas ou finas, já em outros minerais algumas partes do espectro de absorção ficam escuras. Determinados comprimentos de onda (bandas de cor) são absorvidos ao atravessar uma gema; a cor da gema resulta da mistura das partes restantes da luz que originalmente era branca (Schumann 2020). De forma muito semelhante ao microscópio, o material é analisado por meio do espectroscópio, colocando a gema rente ao

instrumento e analisando as mudanças nos espectros de absorção, para isto necessita-se de luminosidade moderada (artificial ou natural). Foi utilizado um espectroscópio portátil da GIA sem fonte de luz acoplada.

### 3.5 Microscópio Gemológico

O Microscópio Gemológico permite a leitura imediata dos diversos tipos de zoneamento de cores, inclusões sólidas, fraturas na estrutura do cristal (*healed fractures*), manchas e alterações cristalinas (*fingerprints*) e inclusões aciculares (*silk inclusions*) (Hughes 2017), ou seja, possibilita visualizar o interior das gemas. Através dos diferentes tipos de inclusões, linhas de crescimento e bolhas de ar, torna-se possível identificar substâncias de origem natural ou sintética. As amostras foram analisadas utilizando um fundo claro. O uso deste equipamento é de suma importância na identificação de estruturas internas dos materiais e essencial na caracterização de eventuais características em gemas. Neste trabalho foi usado um microscópio binocular gemológico Meiji EMZ 75339 em fundo branco e com fonte de luz acoplada.

### 3.6 Balança Hidrostática

A balança hidrostática é um instrumento utilizado para o estudo da força de impulsão exercida por líquidos sobre os corpos neles imersos. O funcionamento se baseia no princípio de Arquimedes. O material a ser investigado é pesado primeiramente no ar (no prato da balança sob a plataforma) e depois na água (na cesta dentro do copo com água). O peso não é, na realidade, um atributo constante; depende da magnitude da gravidade no respectivo local

onde ela é medida. A densidade relativa é uma propriedade independente de local e do tamanho da amostra analisadas. Ela é definida como peso por volume, representado em g/cm<sup>3</sup> ou kg/m<sup>3</sup> (Schumann 2020). Foram utilizadas duas balanças, uma hidrostática Marte AD5002 e outra analítica AND HR200 para garantir máxima precisão na densidade das amostras.

### 3.7 Polariscópio

Este instrumento permite identificar se o material analisado é anisotrópico ou isotrópico. Isto é, se ela se cristaliza em seis dos sete sistemas cristalinos (anisotrópico) ou no sistema cúbico (isotrópico). O instrumento consiste em duas placas de polarização, chamadas de conjunto de polarizadores. Quando mantida sobre uma fonte de luz com estas placas, um mínimo de luz passa pelo analisador (Hurlbut & Switzer 1979). O método consiste em deixar as placas de polarização perpendiculares entre si e rotacionar o mineral (que está entre as placas); caso a luz não passe pelo material é classificado como isotrópico, do contrário o mineral é anisotrópico. Com este instrumento também é possível visualizar a geminação “Lei do Brasil” em quartzos (principalmente em ametistas), que constitui em graus oscilantes de interrupção no espectro em forma de anéis; estes espectros podem ser circulares ou retilíneos e uniformes, podem possuir duas ou mais cores, geralmente de cores intensas e bastante saturadas. Neste trabalho foi utilizado um polariscópio da GIA com fonte de luz acoplada.

## 4 Resultados e Discussões

Através da comparação com a tabela de cor comercial, determinou-se que as amostras de ametistas de Quixeramobim (Ceará) possuem a cor roxa, mas não com a saturação ideal e valorizada pelo comércio que corresponde a um roxo intenso e vívido (Arem 2020), diferente dos minerais da região de Santa Quitéria que possuem esta cor ideal e também ocorrem no estado do Ceará (Oliveira et al. 2020).

Os índices de refração das ametistas analisadas, obtido com o refratômetro, variaram sutilmente entre 1,530 (amostra Medium Orchid 4) e 1,533 (amostra Dark Orchid 4) para o raio ordinário (no); e entre 1,540 (Medium Orchid 4) e 1,545 (Dark Orchid 4) para o raio extraordinário (ne). A birrefringência dos minerais da região de Quixeramobim (CE) varia entre 0,009 e 0,012, valores dentro da média; diferente dos valores entre 0,017 e 0,020 das ametistas provenientes de Santa Quitéria (Ceará) (Oliveira et al. 2020). Todas as gemas analisadas são uniaxiais positivos e com índice de refração

e birrefringência dentro da normalidade. Usualmente, as ametistas apresentam índice de refração (valores do raio extraordinário, ne) entre 1,540 e 1,555, com birrefringência em torno de 0,009; o caráter e sinal óptico é constante, uniaxial positivo (Arem 2020).

O dicroísmo das gemas, ou pleocroísmo, que é analisado com o dicróscópio mostrou a presença do dicroísmo com baixa intensidade nas cinco amostras, este aspecto é o mesmo das ametistas de Santa Quitéria (Oliveira et al. 2020). Estas gemas possuem o pleocroísmo classificado como fraco em detrimento da baixa absorção, característica usual nestes minerais. O pleocroísmo das ametistas é, comumente, fraco, embora já tenham sido observados casos moderados em algumas ametistas (Arem 2020).

Não foram observadas fluorescência e bandas de absorção nas ametistas investigadas, características também ausentes nas gemas de Santa Quitéria (Ceará) (Oliveira et al. 2020). Estes resultados eram esperados, pois nestes minerais tanto a fluorescência é, geralmente, inerte ou com baixa intensidade (Arem 2020) (Schumann 2020), assim como o espectro de absorção que é comumente ausente.

A densidade das ametistas é comumente 2,65g/cm<sup>3</sup> (Arem 2020; Deer, Howie & Zussman 2010; Schumann 2020). A densidade relativa, aferida com o uso da balança hidrostática apresentou três (Medium Orchid 4, Dark Orchid 4 e Plum 3) das cinco gemas analisadas neste trabalho com a densidade média de 2,65 g/cm<sup>3</sup> (densidade média das ametistas), uma ametista (Dark Orchid 4) detêm um valor de 2,66 e outra amostra (Dark Orchid 3) possui 2,67 g/cm<sup>3</sup>. Estes valores levemente acima da média são normais, atribuídos às inclusões nas gemas, o que leva a uma pequena margem de variação de 0,03 na densidade deste grupo mineral, os valores adquiridos são muito semelhantes aos das ametistas de Santa Quitéria (Oliveira et al. 2020).

Com o uso do polariscópio também foi possível inferir que as ametistas são anisotrópicas, o que era esperado, visto que são birrefringentes. Além da anisotropia, percebeu-se a ausência da geminação “Lei do Brasil” nas cinco amostras, fenômeno cuja presença é relativamente comum para ametistas encontradas em solo brasileiro (Crowningshield et al. 1986) estes aspectos são os mesmos das ametistas de Santa Quitéria (Oliveira et al. 2020).

A análise da diafanidade das gemas se deu por meio da visualização de uma ponta de uma caneta através das ametistas. Enquanto em amostras transparentes a imagem possui contorno e nitidez bem definidos, nas semitransparentes a nitidez não é tão notável, e nas translúcidas o contorno é definido, porém a nitidez é quase ausente. A análise mostrou que todas as cinco amostras são transparentes.

A Tabela 1 mostra uma coletânea dos dados gemológicos das ametistas de Quixeramobim (CE) obtidos neste trabalho.

Ao microscópio gemológico, as amostras foram submetidas a análises em busca de fraturas, inclusões (sólidas, líquidas ou gasosas) e linhas de crescimento, características comuns em ametistas (Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos 2009), os minerais mais comuns encontrados como inclusões em ametistas são hematita e goethita (Arem 2020), estes aspectos e feições internas são importantes para auxiliar quando necessário nos casos de proveniência mineral. As ametistas de Quixeramobim são caracterizadas predominantemente por inclusões sólidas levemente orientadas (Figura 3A), linhas de crescimento e inclusões fluidas orientadas paralelamente entre si e perpendiculares à estas linhas (Figura 3B), recorrentes trilhas de inclusões fluidas orientadas (Figura 3C) e fraturas (Figura 3D).

Minerais da família do quartzo comumente apresentam inclusões fluidas, estas correspondem a preservação de gotículas de um fluido (líquido ou gasoso), que é aprisionado em defeitos cristalinos (Pestelho & Monteiro 2017). Dependendo da sua concentração, organização e distribuição ao longo do cristal, é possível que as inclusões fluidas sejam classificadas em, singenéticas e

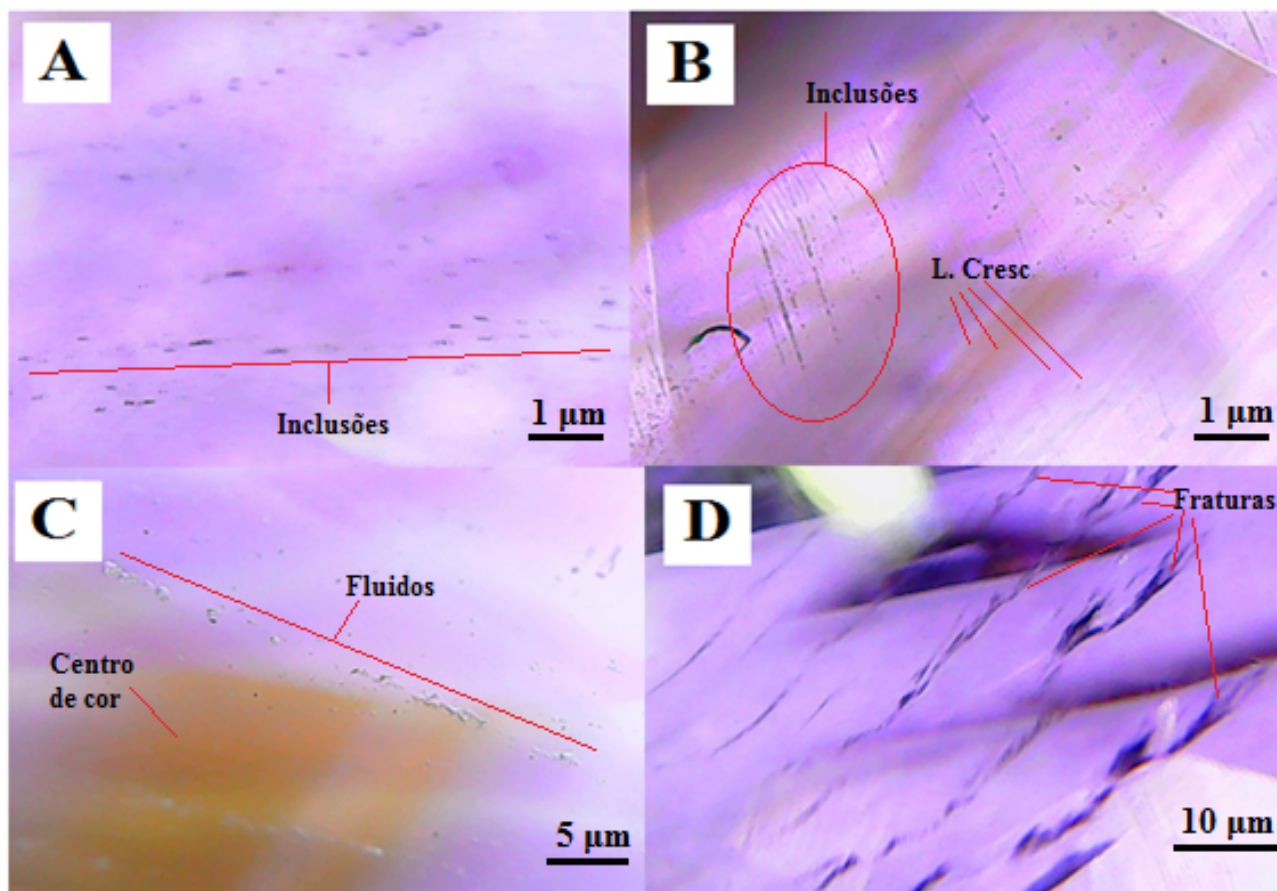
epigenéticas, as primeiras se formam durante o crescimento do mineral, enquanto essas últimas se originam após a formação do espécime (Hughes 2017). A maior parte das inclusões citadas apresentam um formato semelhante ao de inclusões singenéticas, formadas ao mesmo tempo que o cristal hospedeiro. Raramente, também são encontradas inclusões fluidas bifásicas (líquido e gás) sem orientação (apenas na amostra Dark Orchid 3); centros de cor com tonalidade roxa, um pouco mais escura e também em cor alaranjada; inclusões sólidas de hematita agrupadas, mas sem orientação. Essas inclusões citadas mostram uma configuração possivelmente protogenética. Diferente das ametistas de Santa Quitéria (Ceará), as gemas de Quixeramobim não possuem as inclusões sólidas orientadas e em forma de agulha (Oliveira et al. 2020), que são comuns nas do município de Santa Quitéria.

Inclusões sólidas são, geralmente, partículas, minerais ou o próprio mineral em tamanho reduzido; formados antes, ao mesmo tempo ou posteriores aos minerais hospedeiros. As linhas de crescimento são uma “marca” do crescimento mineral e as fraturas internas uma consequência de algum esforço, em regime compressivo, distensivo ou cisalhante, ao qual os cristais foram submetidos após a cristalização.

**Tabela 1** Características gemológicas das ametistas de Quixeramobim, Brasil

Cor	Roxa	Roxa	Roxa	Roxa	Lilás
Amostra	(Dark Orchid 4)	(Medium Orchid 4)	(Dark Orchid 4)	(Dark Orchid 3)	(Plum 3)
Diafaneidade	Transparente	Transparente	Transparente	Transparente	Transparente
Índice de refração	1,545-1,533	1,540-1,530	1,541-1,532	1,542-1,532	1,542-1,532
Caráter e sinal óptico	Uniaxial positivo	Uniaxial positivo	Uniaxial positivo	Uniaxial positivo	Uniaxial positivo
Birrefringência	0.012	0.010	0.009	0.010	0.010
Pleocroísmo	Presente: Fraco	Presente: Fraco	Presente: Fraco	Presente: Fraco	Presente: Fraco
Espectro de absorção	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Fluorescência	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Densidade relativa	2.66g/cm <sup>3</sup>	2.65g/cm <sup>3</sup>	2.65g/cm <sup>3</sup>	2.67g/cm <sup>3</sup>	2.65g/cm <sup>3</sup>
Anisotropia	Anisotrópico (Ausência da Geminação Lei do Brasil)	Anisotrópico (Ausência da Geminação Lei do Brasil)	Anisotrópico (Ausência da Geminação Lei do Brasil)	Anisotrópico (Ausência da Geminação Lei do Brasil)	Anisotrópico (Ausência da Geminação Lei do Brasil)
Inclusões e aspectos internos	Fraturas, raramente em paralelo; Inclusões sólidas de hematita por vezes orientadas; Inclusões fluidas ocasionalmente agrupadas e orientadas; por vezes linhas de crescimento; centro de cor alaranjado; linhas de crescimento quase que perpendiculares às inclusões fluidas.	Fraturas, Abundantes inclusões sólidas de hematita; inclusões fluidas com leve orientação.	Inclusões sólidas agrupadas e por vezes com leve orientação; raramente inclusões fluidas com orientação.	Fraturas; Inclusões sólidas raramente agrupadas e com orientação; inclusões fluidas, raramente bifásicas (líquido e gás); por vezes linhas de crescimento; raramente centro de cor roxa mais intensa que o restante do mineral; por vezes inclusões fluidas orientadas.	Fraturas; Centro de cor alaranjado com formato triangular; Inclusões sólidas de hematita, por vezes agrupadas; inclusões fluidas orientadas e paralelas entre si.





**Figura 3** Fotomicrografia em luz transmitida de inclusões em ametistas de Quixeramobim- CE, Brasil; A. Inclusões sólidas e de coloração mais escura mostrando leve orientação; B. Inclusões com orientação, paralelas entre si e perpendiculares as linhas de crescimento da gema; C. Inclusões fluidas (monofásicas) orientadas e centro de cor alaranjado ao fundo; D. Fraturas paralelas entre si.

Este conjunto de aspectos internos quando interpretados com as características ópticas, permitem a identificação das ametistas como sendo provenientes de Quixeramobim (Ceará).

Para fins comparativos as características das ametistas de Quixeramobim e Santa Quitéria, ambas do estado do Ceará, foram compiladas em uma tabela (Tabela 2), junto aos dados das ametistas da localidade de Jacobina (Correa 2010) no estado da Bahia. Isto tem como finalidade evidenciar as diferentes propriedades gemológicas em ametistas, dentro do mesmo estado e na mesma macrorregião do país, mostrando como o ambiente de formação interfere nas propriedades dos minerais.

## 5 Conclusões

As ametistas do município de Quixeramobim (Ceará) possuem potencial para serem utilizadas como gemas, apesar de não possuírem a cor roxa intensa típica valorizada pelo comércio. O caráter uniaxial positivo representa um

aspecto imutável em ametistas. Além disto, os índices de refração e birrefringência obtidos encontram-se dentro da média para este grupo mineral. Todas as gemas possuem um pleocroísmo classificado como fraco. O espectro de absorção das amostras e a fluorescência estão ausentes. A densidade relativa possui uma leve oscilação, mas com valores dentro da normalidade. Logo, as ametistas de Quixeramobim (Ceará) têm as características padrão das ametistas de diferentes lugares do mundo, não possuindo anomalias. Porém, a abundância de inclusões fluidas e sólidas (principalmente dos fluidos) com orientação requer estudos mais aprofundados.

As ametistas de Santa Quitéria (Ceará) têm cor roxa intensa, característica anômala uma dupla refração (birrefringência) muito acima da média de 0,009; além de possuírem inclusões orientadas em forma de agulha. Características estas citadas que as ametistas de Quixeramobim não possuem. Constituintes propriedades distintas em minerais de mesma espécie, pertencentes ao mesmo



**Tabela 2** Características gemológicas de ametistas da região Nordeste, Brasil

Localidade	Índice de refração e birrefringência	Caráter e sinal óptico	Pleocroísmo	Espectro de absorção e Fluorescência	Densidade relativa e Anisotropia	Inclusões e aspectos internos
Quixeramobim (Ceará)	1,545 – 1,530 0,009 – 0,012	Uniaxial positivo	Presente: Fraco	Ausente Ausente	2,65 – 2,67 g/cm <sup>3</sup> Anisotrópico (Ausência da Geminação Lei do Brasil)	Fraturas, raramente em paralelo; inclusões sólidas de hematita, por vezes orientadas; inclusões fluidas, por vezes agrupadas e orientadas; ocasionalmente linhas de crescimento; centro de cor roxa mais intensa; centro de cor alaranjado com formato triangular; linhas de crescimento quase que perpendiculares as inclusões fluidas.
Santa Quitéria (Ceará)	1,550 – 1,525 0,017 – 0,020	Uniaxial positivo	Presente: Fraco	Ausente Ausente	2,65 – 2,68 g/cm <sup>3</sup> Anisotrópico (Ausência da Geminação Lei do Brasil)	Fraturas; faixas de cor; inclusões de turmalina (ocasionalmente orientadas e em forma de agulha); inclusões fluidas, ocasionalmente bifásicas (líquido e gás), por vezes orientadas.
Jacobina (Bahia)	1,550 – 1,541 0,008 – 0,009	Uniaxial positivo	Presente: Moderado a fraco	Ausente Ausente	2,65 g/cm <sup>3</sup> Anisotrópico	Inclusões de goethita em formas de cogumelos; cristais negativos; inclusões fluidas, por vezes bifásicas, ocasionalmente do tipo listas de tigre; microfraturas.

Estado. Enquanto que as ametistas de Jacobina (Bahia), que também constitui a região Nordeste do país, são diferentes em algumas características das ametistas dos municípios do Ceará; possuindo uma refração, densidade relativa e birrefringência com pouca ou nenhuma oscilação, pleocroísmo de baixa até moderada intensidade, além de inclusões do tipo listras de tigre e sólidas em forma de cogumelo. Logo, com estas características é possível identificar e diferenciar as ametistas destas regiões.

Isto demonstra a importância da caracterização gemológica não apenas em nível Estadual/Regional, mas também em escala pontual, pois em um mesmo Estado podem ter algumas ocorrências do mesmo mineral, mas com propriedades e características divergentes. Portanto, mostra-se a importância de caracterizar as ocorrências em diferentes contextos geológicos, pois o ambiente de formação interfere diretamente nas características dos minerais.

## 6 Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio do Laboratório de Gemologia do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará (DEGEO/UFC).

## 7 Referências

Almeida, F.F.M., Melcher, G.C., Cordani, U.G. & Kawashita, K. 1968, 'Radiometric age determinations from Northern Brazil', *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, vol. 18, no. 1, pp. 3-14.

Anderson, B.W. 1984, *Identificação das Gemas*, Livro Técnico S/A, Rio de Janeiro.

Arem, J.E. 2020, *Amethyst Value, Prince and Jewelry Information*, viewed 6 August 2020, <<https://www.gemsociety.org/article/amethyst-jewelry-and-gemstone-information/>>.

Baggio, S.B., Hartmann, L.A., Massonne, H.J., Theye, T. & Antunes, L.M. 2015, 'Silica gossan as a prospective guide for amethyst geode deposits in the Ametista do Sul mining district, Paraná volcanic province, southern Brazil', *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 159, pp. 213-26. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2015.09.011>

Brasil 2002, *Lei n° 10.406, de 10 de janeiro de 2002*, viewed 6 January 2018, <<http://www.camara.gov.br/sileg/integras/247357.pdf>>.

Correa, M. 2007, 'Geologia e Gemologia das Ametistas de Brejinho das Ametistas, Bahia', Monografia de Graduação, Universidade Federal da Bahia.

Correa, M. 2010, 'Variedades gemológicas de quartzo na Bahia, geologia, mineralogia, causas de cor, e técnicas de tratamento', Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo. <https://doi.org/10.11606/D.44.2010.tde-20012011-114502>

Crowningshield, R., Hurlbut, C. & Fryer, C.W. 1986, 'A Simple Procedure To Separate Natural From Synthetic Amethyst On The Basis Of Twinning', *Gems and Gemology, Identification of Amethysts*, vol. 22, no. 3, pp. 130-9. <https://doi.org/10.5741/GEMS.22.3.130>

Deer, W.A., Howie, R.A. & Zussman, J. 2010, *Minerais Constituintes das Rochas: uma Introdução*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.

Devmedia 2013, *Código de cor: Infográfico dos códigos das cores em HTML*, viewed 6 August 2019, <<https://www.devmedia.com.br/codigo-cor-infografico-dos-codigos-das-cores-em-html/37238>>.

- Dotto, C.T. & Isotani, S. 2006, 'Irradiation and heating effects in amethyst crystals from Brazil', *Radiation Effects and Defects in Solids*, vol. 117, pp. 355-61. <https://doi.org/10.1080/10420159108220755>
- Fisher, A.C., Berger, G., Polvé, M., Dubois, M., Sardini, P., Beaufort, D. & Formoso, M. 2010, 'Petrography and chemistry of SiO<sub>2</sub> filling phases in the amethyst geodes from the Serra Geral Formation deposit, Rio Grande do Sul, Brazil', *Journal of South America Earth Sciences*, vol. 29, no. 3, pp. 751-60. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2009.10.002>
- Gilg, H.A., Morteani, G., Kostitsyn, Y., Preinfalk, C., Gatter, I. & Stieder, A.J. 2002, 'Genesis of amethyst geodes in basaltic rocks of the Serra Geral Formation (Ametista do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil): a fluid inclusion, REE, oxygen, carbon, and Sr isotope study on the basalt, quartz and calcite', *Mineralium Deposita*, vol. 28, pp. 1009-25. <https://doi.org/10.1007/s00126-002-0310-7>
- Guttler, S.R. & Kohigashi, H.C. 2006, 'Treated violetish blue to violet quartz from Brazil', *Gems & Gemology*, vol. 42, pp. 285-86.
- Hartmann, L.A. 2015, 'Indicadores geológicos da presença de jazidas de ametista, ágata e cobre em basaltos no Grupo Serra Geral' in Maciel Donato, L. C. Duarte & L. A. Hartmann. (eds), *Inovação, design e pesquisas aplicadas em gemas, joias e mineração*, 1 edn, IGeo/UFRGS, Porto Alegre, vol. 1, pp. 6-13
- Hartmann, L.A., Duarte, L.C., Massonne, H.J., Michelin, C., Rosenstegel, L.M., Bergman, M., Theye, T., Pertille, M., Arena, K.R., Duarte, S.K., Pinto, V.M., Barboza, E.G. & Wildner, W. 2010, 'Sequential opening and filling of cavities forming vesicles, amygdalae and giant amethyst geodes in lavas from the southern Paraná volcanic province, Brazil and Uruguay', *International Geology Review*, vol. 54, no. 1, pp. 1-14. <https://doi.org/10.1080/00206814.2010.496253>
- Hughes, R.W. 2017, *Ruby & sapphire: A Gemologist's guide*, RWH Publishing/Lotus Publishing, Bangkok.
- Hurlbut Jr. C.S. & Switzer, G.S. 1979, *Gemology*, John Wiley & Sons, New York.
- Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos 2009, *Manual Técnico de Gemas*, Brasília.
- Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará 2019, 'Limites municipais e distritais - Região de planejamento Sertão Central - 2019' 1 mapa.
- Juchem, P.L. 2014, 'Mineralizações De Ametista Em Riodacitos Do Grupo Serra Geral, Província Vulcânica Paraná' in L.A. Hartmann & S.B. Baggio, *Metalogenia e Exploração Mineral no Grupo Serra Geral*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pp. 41-54
- Juchem, P.L., Fischer, A.C., Svisero, D.P., Silva, A.O. 2001 'Características químicas dos minerais de sílica de geodos mineralizados a ametista da região do Alto Uruguai, RS, Brasil', *Anais del XI Congreso Latinoamericano de Geologia*, pp. 1-6.
- Juchem, P.L., Fischer, A.C., Bello, R.M.S., Svisero, D.P. 1994, 'Inclusões fluidas em ametistas da região do Alto Uruguai, Rio Grande do Sul', *Boletim de Resumos Expandidos do 38º Congresso Brasileiro de Geologia*, pp. 649-50.
- Oliveira, I.G., Maciel, E.L., Rodrigues, T.F., Mattos, I.C., Neri, T.F.O. 2020, 'Caracterização Gemológica das Ametistas com Alta Birrefringência de Santa Quitéria', *Anuário do Instituto de Geociências - IGEO*, vol. 43, no. 3, pp. 137-44. [https://doi.org/10.11137/2020\\_3\\_137\\_144](https://doi.org/10.11137/2020_3_137_144)
- Palheta, E.S.M. 2017, 'Geologia e recursos minerais da folha Senador Pompeu - SB.24-V-D-VI: estado do Ceará', 1 mapa, escala 1:100.000, CPRM, Fortaleza.
- Parente, C.V., Almeida, A.R., Arthaud, M.H. 2008, 'Nota explicativa das folhas Quixeramobim (SB.24-V-D-III), Boa Viagem (SB.24-V-D-II) e Itatira (SB.24-V-B-V), escala 1:100.000', CPRM, Fortaleza.
- Pestelho, A.L.S. & Monteiro, L.V.S. 2017, 'Uma revisão dos fundamentos do estudo de inclusões fluidas aquosas e de petróleo', *Terrae Didática*, vol. 13, no. 2, pp. 71-92. <https://doi.org/10.20396/td.v13i2.8650084>
- Pinéo, T.R.G., Palheta, E.S.M., Costa, F.G., Vasconcelos, A.M., Gomes, I.P., Gomes, F.E.M., Bessa, M.D.M.R., Lima, A.F., Holanda, J.L.F. & Freire, D.P.C. 2020, 'Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Ceará' 1 mapa, escala 1:500.000, CPRM, Fortaleza.
- Proust, D. & Fontaine, C. 2007, 'Amethyst-bearing lava flows in the Paraná Basin (Rio Grande do Sul, Brazil): cooling, vesiculation and formation of the geodic cavities', *Geological Magazine*, vol. 144, no. 1, pp. 53-65. <https://doi.org/10.1017/S001675680600269X>
- Schumann, W. 2020, *Gemstones of the world*, Sterling Editor, Nova York.
- Terra, C. 2020, Gemologia: a ciência de mil cores, *Terrae Didática*, vol. 16, pp. 1-13. <https://doi.org/10.20396/td.v16i0.8658362>
- Tononi, L.L., Duarte, L.C., Juchem, P.L., Menezes, M.T.F., Schnellrath, J. 2019, 'Tratamento por radiação gama em cristais de ametista da região de Progresso/RS', *Revista de Ciências Exatas Aplicadas e Tecnológicas da UPF*, vol. 11, pp. 10-18. <https://doi.org/10.5335/ciatec.v11i1.9290>

Recebido em: 26/02/2021

Aprovado em: 28/04/2021

### Como citar:

Oliveira, I.G., Freires, T., Maciel, E., Santos, L., Paschoal, W. & Neri, T. 2021, 'Aspectos Gemológicos de Ametistas de Quixeramobim, Brasil', *Anuário do Instituto de Geociências*, vol. 44: 41769. [https://doi.org/10.11137/1982-3908\\_2021\\_44\\_41769](https://doi.org/10.11137/1982-3908_2021_44_41769)