



Ministério da Educação – Brasil
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Minas Gerais – Brasil
Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas
ISSN: 2238-6424
QUALIS/CAPEs – LATINDEX
Nº. 26 – Ano XII – 10/2024
<http://www.ufvjm.edu.br/vozes>

Lapidação Avançada de Minerais Corados

Talles Guedes de Matos
Bacharel em Ciência e Tecnologia e Graduando em Engenharia Geológica
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Campus JK - Diamantina/MG
<http://lattes.cnpq.br/3962648289116382>
E-mail: talles.matos@ufvjm.edu.br

Prof. Dr. José Maria Leal
Docente do Departamento de Ciência e Tecnologia– ICT
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Campus JK - Diamantina/MG
<http://lattes.cnpq.br/7372633367753390>
E-mail: jose.leal@ict.ufvjm.edu.br

Resumo:

A lapidação de gemas, uma prática associada às civilizações humanas desde os tempos dos Homo sapiens, tem uma longa história no Brasil. Já no primeiro século após a chegada dos portugueses, há registros de lapidação de gemas coloridas no país. Contudo, até hoje, o Brasil, embora seja um dos maiores exportadores de minerais gemológicos brutos, ainda vê a lapidação como um campo pouco desenvolvido. Com o objetivo de promover o conhecimento nesta área e possibilitar que o Brasil lapide seus próprios minerais geológicos no futuro, esta pesquisa visa ampliar o ensino da lapidação. Foram organizados materiais teóricos e práticos para ilustrar os princípios básicos da lapidação, oferecendo uma base sólida para aqueles que desejam se especializar em lapidação avançada, focada na produção de gemas coloridas. Para facilitar o aprendizado prático, dois equipamentos inativos foram reunidos no Laboratório de Gemologia e Lapidação da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) e montados em uma nova máquina de lapidação. Este equipamento será utilizado no ensino superior e em projetos de

extensão da instituição. Além disso, foi apresentada uma metodologia de lapidação desenvolvida especificamente para a Catraca Rosa.

Palavras-chave: Ângulo Crítico. Lapidação Brasil. Catraca Rosa. Diagrama Lapidação. Facetamento. Polimento. Diamantina. Reflexo Total. Luz. Espectro Eletromagnético

INTRODUÇÃO

A Lapidação é uma arte que vem sendo desenvolvida a milênios, apesar disso a técnica é pouco divulgada (Schumann, 2006; Nadur, 2009). A lapidação sempre foi um ofício familiar, por isso todo o conhecimento produzido a respeito sempre esteve em segredo. Essa característica aliada a fatores políticos, dificultou e ainda dificulta muito o ensino da profissão no Brasil.

Mas com os novos sistemas de informação advindos da internet, muitos destes conhecimentos que estavam engavetados vêm sendo divulgados, porém não foi encontrado nenhum material gratuito que reunisse as informações a respeito do tema em português.

O tema deste trabalho é a Lapidação Avançada: Gemas Coradas. O termo avançado surge do fato de que este tipo de lapidação leva em consideração parâmetros matemáticos, físicos e químicos para o planejamento de cada face plana (faceta).

A escolha deste tema ocorre pelo fato do Brasil ser um país privilegiado, tanto pela qualidade, quanto pela diversidade de minerais gemológicos corados (Silva; Mendes; Pereira, 2009). Mas, infelizmente segundo dados do Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos (IBGM) a imensa maioria ainda é exportada em bruto.

O termo gema veio substituir a antiga denominação de pedra preciosa, por esta guardar muita imprecisão apesar de a definição de gema também não ser clara. Para a Companhia Nacional de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMIG) gema é toda substância capaz de ser trabalhada de alguma forma para uso de adorno pessoal, ornamento ou objeto de arte, raramente são rochosas ou orgânicas.

Este entendimento se diverge do proposto por Schumann (2006) no fato de que para o autor, como algumas características das gemas só se apresentam após a lapidação, então para ser gema o material gemológico tem que ter sido lapidado. Neste trabalho será adotado o entendimento de Schumann (2006).

Existem várias técnicas para se trabalhar as gemas. Porém, este trabalho tem como foco principal a lapidação plana (facetamento) de minerais gemológicos corados onde é possível controlar o caminho da luz de forma a maximizar cor, brilho, brilhância e o fogo. De uma forma geral Crichigno Filho (1994, p. 29) define lapidação plana como:

um processo empregado para a obtenção de peças planas, com alta qualidade superficial. O processo apresenta uma característica de trabalho simples, isto é, o trabalho é realizado em apenas uma superfície por vez, as peças são colocadas em dispositivos para sua guiagem sobre o disco de lapidação. O critério mais importante na qualificação das superfícies resultantes é a planicidade (Crichigno Filho, 1994, p. 29).

Frente aos obstáculos encontrados na lapidação Brasileira, este trabalho tem como problema de pesquisa a seguinte questão: Como tornar acessível o ensino da lapidação no Brasil?

Com o intuito de contribuir com ensino de lapidação no Brasil foi traçado o seguinte objetivo: Compreender como a Matemática, Física e a Química são aplicadas na lapidação de minerais gemológicos.

Para atingir o objetivo geral foram traçados objetivos específicos, sendo eles:

- a. Tornar clara as informações sobre a lapidação e sobre os diagramas de lapidação;
- b. Identificar quais os aparatos simplificadores que agilizam e facilitam no aprendizado e na produção comercial;
- c. Desenvolver metodologia para a máquina de lapidação presente no Laboratório de Gemologia e Lapidação da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM).

Na busca de contribuir com a disseminação do conhecimento sobre a área, esta pesquisa visa contribuir com o ensino de lapidação para todas (os) que se interessem, de forma a criar condições para que algum dia o país consiga lapidar suas gemas. Espera-se que isso ocorra antes que elas acabem, já que se trata de um bem não renovável. Tal preocupação se justifica uma vez que o Brasil tem tido suas riquezas exploradas desde o período do Brasil Colônia e até hoje tem boa parte de sua economia baseada em commodities.

REFERENCIAL TEÓRICO

As Raízes da Lapidagem

Nadur (2009) aponta que:

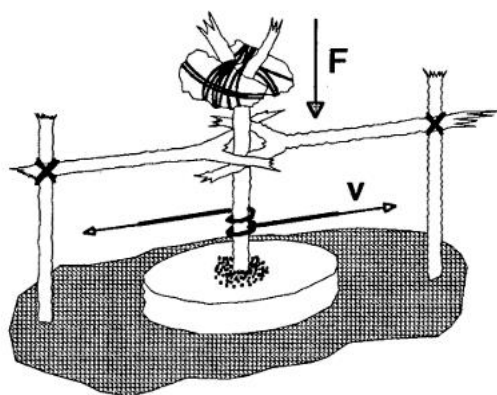
A palavra lapidário, em alemão, “edelstein schneider”, designa uma pessoa que trabalha com minerais, rochas e gemas, formando as em objetos decorativos ou funcionais e o termo lapidação é derivado da palavra “Lapidaries”, que era um tratado medieval para se relacionar à alquimia, mineralogia, química e outras ciências (Nadur, 2009, p. 6).

O que já apontava a multidisciplinaridade desta arte. Para Belém-PA (2003) lapidar uma gema é empregar um conjunto de técnicas para que seja possível dar forma para realçar a cor, o brilho ou algum efeito ótico que destaque a beleza para uso como adorno.

Há 40 mil anos nossos ancestrais já usavam adornos. Existiam atividades de joalheira intensa entre os *Homo Sapiens*, neste período os materiais mais usados eram dentes de animais (marfim), conchas, pérolas e pedras unidas por fios de origem animal (Aspahan, 2008 *apud* Nadur, 2009).

Nesta época, inicialmente produziam ferramentas perfuro cortantes como pedras lascadas (Rochas e Minerais), posteriormente foi desenvolvido o processo de polimento o que foi um aperfeiçoamento em relação a simples utilização das lascas. Essa nova técnica evidenciava os atributos ópticos (cor, brilho, transparência), que gerou e ainda gera interesse para a utilização como adorno (Nadur, 2009). Temos na Figura 1 o esquema de uma lapidadora primitiva, este modelo é baseado em achados arqueológicos.

Figura 1 – Esquema de uma lapidadora primitiva



Fonte: Crichigno Filho, 1994.

Segundo os arqueólogos seu funcionamento ocorre “através da rotação de um galho contra uma superfície contendo areia, era possível fazer furos” em materiais de menor dureza (Crichigno Filho, 1994, p. 6).

Neste período, além de ferramentas também eram produzidas peças destinadas à composição de implementos.

Um fator importante da relação dos seres humanos com as gemas é a sua associação ao misticismo. Como aponta Severo (2008 *apud* Nadur, 2009, 6,7):

Desde a antiguidade, quando os homens tinham menos conhecimento científico, as gemas eram consideradas algo misterioso e relacionado ao espiritualismo, por isso, eram usadas como amuletos e talismãs. Existiam muitos mitos e lendas associadas a elas, como pedras amaldiçoadas ou curativas, outras utilizadas como símbolo de posição social, decorando vestimentas de rainhas, sacerdotes, palácios, templos e utensílios (Severo, 2008 *apud* Nadur, 2009, p. 6-7).

Desde o início do antropoceno várias sociedades se destacaram nos trabalhos envolvendo os adornos pessoais e a ornamentação. No período de (3000 a.C. a 1000 a.C.) os Egípcios já confeccionavam sinetes, amuletos e escaravelhos contendo diversos minerais como Turquesa, Lápis Lazúli, Esmeralda, Crisocola, Amazonita, Olivina, Fluorita, Malaquita, Ágata, Ametista e Quartzo hialino.

Esculturas em Jade foram enterradas junto a cadáveres na China 1500 a.C. Os mesopotâmicos entalhavam símbolos em Lápis Lazúli, Calcedônia, Amazonita e Jaspe há 1950 a.C. para a utilização como carimbos em argilas. Os gregos poliam os lados do Berilo. Os romanos além de trabalharem o ouro também associavam a ele Esmeraldas, Safiras e Pérolas brancas em joias que tinham como tema central o Cristianismo (Nadur, 2009).

O livro de Êxodos, capítulo 28, versículo 17 a 21 da Bíblia Sagrada apresenta um levantamento de minerais conhecidos há 3.500 anos. Silva, Mendes e Pereira (2009) apresentam essa passagem a seguir:

fizeram parte da ornamentação dos sacerdotes supremos. As doze tribos de Israel eram representadas por doze pedras diferentes cravadas no peitoral de Aarão, sumo pontífice dos sacerdotes dos judeus. O topázio trazia gravado o nome da tribo dos Siméons, enquanto a esmeralda representava a tribo de Issakar (Silva; Mendes; Pereira, 2009, p. 16-17).

Segundo Belém-PA (2003, p. 12) “Atualmente as correntes esotéricas designam certas qualidades e dádivas para as gemas utilizando as em diversos tratamentos”.

O Ensino de Física a partir de uma abordagem crítica

Segundo Schumann (2006) a primeira técnica reconhecida de lapidação é a Glíptica, que consiste em esculpir por abrasão com um material de menor dureza, criando figuras, símbolos, ou desenhos na superfície superior ou inferior da gema a depender de seus atributos óticos (opaco ou transparente). Exemplos deste tipo foram encontrados pelos arqueólogos nas ruínas das primeiras civilizações do Egito e Mesopotâmia (Mol, 2002 *apud* Nadur, 2009).

A Figura 2 ilustra esse tipo de lapidação. O corte Cabochão foi criado pelos primeiros lapidários, é o corte mais simples que existe. A parte superior era arredondada e a inferior reta, eles utilizavam pedras roladas de rios que já possuíam uma forma muito próxima do cabochão, atualmente existem vários modelos de cabochões (Webster, 1960 *apud* Nadur, 2009).

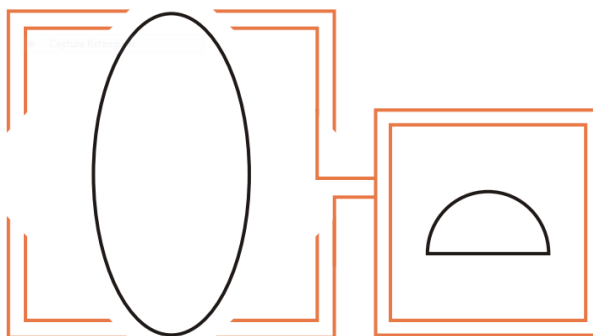
Durante os séculos X e XI as lapidações predominantes foram a Glíptica e o Cabochão (Mol, 2004). A Figura 3 representa os primeiros modelos de cabochões.

Figura 2 – Lapidação Glíptica



Fonte: Castro, 2013.

Figura 3 – Corte Cabochão século X e XI



Fonte: Secretária Executiva de Ciências e Meio Ambiente, 2003.

A lapidação tipo faceta que é o foco deste trabalho teve início na Índia por volta de 400 a.C. a técnica não teve grandes evoluções até o século XIII quando os mercadores venezianos que por lá passaram, trouxeram estes modelos para a Europa (Nadur, 2009).

Kraus (1987 *apud* Nadur, 2009) mostra que:

Nos séculos XII e XIII, houve na Europa uma gradual transição entre gravação e lapidação cabochão para o facetamento. Em 1290, um grupo de lapidários e polidores se formou em Paris. E em 1375 o primeiro grupo de lapidários foi formado em Nuremberg, Alemanha. No começo do século XIV, a lapidação cabochão foi a principal característica de decoração na Alemanha, Áustria e coroa da Rússia (Kraus, 1987 *apud* Nadur, 2009, p. 8).

Apesar da lapidação de diamantes e das gemas coradas serem muito diferentes, os cortes desenvolvidos para gemas coradas possuem a sua origem nos cortes desenvolvidos para diamantes. A partir deles, diferentes formas foram desenvolvidos e adaptados para os minerais corados (Nadur, 2009).

Existem também os modelos recentes de lapidação criados a partir de 1940. Tais modelos utilizam cortes em forma de 'v' estrategicamente dispostos na superfície da gema de forma a produzir reflexões internas que evidenciam sua forma e cor (Hurlburt, 1991 *apud* Mol, 2004).

Início da Lapidação no território Brasileiro

Apenas 92 anos após a colonização dos portugueses (1592), existem relatos da chegada ao território brasileiro de um lapidário de gemas coradas. Ele era chamado por Cristovam e tinha a prática de trabalhar com esmeraldas. Sua chegada se deu no governo de Dom Francisco de Sousa que além de trazer o lapidário também se dedicou a descoberta de minas e captura de índios como escravos (Santos, 1940 *apud* Nadur, 2009).

Com a interiorização dos colonizadores foi encontrado ouro e diamantes, o que levou ao desenvolvimento de várias oficinas de lapidação e ourivesaria. Porém, esse movimento foi freado com a proibição desses ofícios, principalmente próximos às lavras, medida essa tomada pela coroa portuguesa para controlar a corrupção. Neste período muitas oficinas foram destruídas, porém várias se reergueram posteriormente (Valladares, 1952 *apud* Nadur, 2009).

Entretanto, a Coroa através de Carta Régia em 30 de julho de 1766 proibiu oficialmente os ofícios de ourivesaria e de lapidação em diversos estados. Além de

não poder exercer a profissão, os mestres deveriam destinar a mão de obra especializada para outros trabalhos e entregar suas máquinas. Só ficaram ativas na época as que tinham ordem especial do governo (Valladares, 1952 *apud* Nadur, 2009).

Um novo respiro para a lapidação ocorreu em 1º de Abril (dia da mentira) de 1808 através do Alvará Joaninha que liberava o estabelecimento de fábricas e manufaturas no Brasil e eliminava as medidas de repressão que estavam ativas desde 1766 em relação a lapidação e ourivesaria duas áreas que andam juntas desde os primórdios da lapidação. Os Ofícios se faziam necessários na época, uma vez que a família real chegara ao Brasil. Isso abriu o mercado de joias no novo mundo (Aspahan, 2008 *apud* Nadur, 2009).

Contudo, era necessário investir na formação de mão de obra especializada, pois as necessidades eram imediatas. Devido a forte repressão ao ofício de lapidação ele não havia se desenvolvido no país e precisava de um impulso. Em 1812 entrou em vigor uma Carta Régia que mandava criar escolas de lapidação para Diamantes. Todavia, a lapidação não se desenvolveu no Brasil como se esperava, o retardo causado por mais de 40 anos de proibição do ofício foi um duro golpe (Rabello, 1997 *apud* Nadur, 2009).

Da mesma forma que a chegada da Família Real marcou um novo fôlego para o mercado de lapidação, a sua saída do Brasil também trouxe muitos benefícios para o setor. Principalmente porque após a partida houve a chegada de imigrantes europeus para participar da industrialização do país, alguns destes imigrantes também eram mestres lapidários. Criava-se uma nova cultura urbana que impulsionava o consumo e as relações sociais. Isso impulsionou o mercado de lapidação para joias (Aspahan, 2008 *apud* Nadur, 2009).

A lapidação era voltada quase que exclusivamente para diamantes, os minerais corados eram mandados para a Europa uma vez que este tipo de lapidação no Brasil era considerada de baixa qualidade (Aspahan, 2008 *apud* Nadur, 2009).

No final do século XIX começa a surgir às casas ou joalherias, dentre elas se destaca a Joalheria Pádua que foi fundada em 1888 e continua ativa até aos dias atuais na cidade de Diamantina em Minas Gerais (Wlash; Valladares, 1930, 1952 *apud* Nadur, 2009).

A Lapidação em Minas Gerais

Quando se fala em gemas coradas, Minas Gerais se destaca dentre os demais estados do Brasil como o principal produtor. Dentro desta perspectiva serão analisadas duas cidades que historicamente são polo no estado. São elas: a cidade Diamantina pela histórica produção de diamantes e por buscar implantar o ensino da lapidação, e a cidade de Teófilo Otoni. Esta última conhecida mundialmente pela produção e comercialização de minerais e gemas coradas (Nadur, 2009).

A região de Diamantina em Minas Gerais já foi a maior produtora de diamantes no Mundo. Mas toda essa riqueza diminuiu drasticamente, por isso, durante os anos 1870 e 1890 ocorreu uma grande crise na região, impulsionada pela descoberta de novos depósitos na África e pela diminuição da quantidade de diamantes encontrados. Essa situação atentou para lapidação novamente como forma de agregar valor aos diamantes da região (Martins; Neves; Rezende *et al.*, 2008, 2006 *apud* Nadur, 2009).

Segundo Martins (2008 *apud* Nadur, 2009):

Mineradores da região partiram para o Rio de Janeiro, Lisboa, Londres e Amsterdam para visitar casas compradoras de diamantes, lapidações, joalherias e empresas mineradoras a fim de pesquisar o que seria melhor para Diamantina e voltaram convencidos que o diamante deveria ser lapidado. Foi daí que surgiu o impulso para a abertura da primeira lapidação em Diamantina (Martins, 2008 *apud* Nadur, 2009, p. 31).

Entre os anos de 1873 e 1875 foram instaladas diversas casas de lapidações na região de Diamantina. Dentre todas, a que atuou por mais tempo foi a do Conselheiro João da Mata Machado, “Fábrica da Formação” (1875 1930). Apesar disso, não há na região nenhuma herança desta época em relação às técnicas de lapidação empregadas ou material teórico.

Agora em relação às gemas coradas, a cidade de Teófilo Otoni continua sendo uma referência mundial até os dias atuais. Por volta do ano de 1853 Theophilo Benedicto Ottoni além de se estabelecer também trouxe imigrantes para ocupar a região. Inicialmente para criações de Gado. Contudo, os colonos começaram a prospectar a região em busca de gemas. Nesta busca foram achadas turmalinas dando início à produção de gemas coradas de fama internacional e naturalmente a lapidação também se desenvolveu na região (Elawar, 1989 *apud* Nadur, 2009).

CONCEITOS QUE DETERMINAM A LAPIDAÇÃO AVANÇADA

Conforme já mencionado a lapidação possui natureza multidisciplinar. Desta forma, é necessário construir uma sequência de conceitos que dará suporte para que o lapidário compreenda e utilize ao máximo as possibilidades do mineral a ser lapidada. Nos tópicos seguintes estes conceitos serão apresentados.

Mineralogia, Gemologia, Cristalografia: Aplicadas à Lapidação

Essas três áreas Mineralogia, Gemologia e Cristalografia aplicadas a Lapidação são recentes quando comparadas ao início da lapidação, porém a lapidação avançada para os minerais corados surge no desenvolvimento dessas ciências. A lapidação avançada tem como base vários conceitos desenvolvidos por essas áreas.

Tais conhecimentos servem como suporte para que o lapidário seja capaz de determinar a melhor forma final e assim evidenciar a beleza do material. Segundo Belém-PA (2003):

A mineralogia e a gemologia empregam métodos de estudo semelhantes, no entanto, a abordagem de investigação dos temas é bastante distinta. O mineralogista pode riscar pulverizar ou submeter a reações químicas seus materiais, sem que envolva qualquer problema. O gemólogo, no entanto, por lidar principalmente com exemplares lapidados, deve limitar-se a ensaios que utilizem instrumentos e técnicas específicas que lhe permitam acumular informações suficientes para identificar ou estudar uma gema, contudo sem danificá-la (Belém-PA, 2003, p.1).

A cristalografia estuda a estrutura atômica nos compostos químicos cristalinos, os arranjos geométricos das partículas em cristais, até as leis que governam o crescimento dos cristais e também as relações entre a forma externa e a estrutura atômica. Tanto a mineralogia, a cristalografia e a gemologia são ciências multidisciplinares possui interfaces com a geologia, física, química, matemática entre outras (Museu Heinz Ebert, 2020).

Esses estudos são responsáveis por explicar características físicas dos minerais gemológicos que são importantes para lapidação como a dureza, a clivagem, a partição e a fratura. Além de explicar os diferentes fenômenos que ocorrem com interação da luz com as gemas. Outra contribuição importante foi à organização dos minerais em classes baseando-se em critérios meramente químicos, considera o ânion dominante ou o radical aniônico para determinar uma classe (Museu Heinz Ebert, 2020).

Propriedades Óticas Aplicadas na Lapidação Avançada

A ótica é uma área do conhecimento das ciências exatas. Ela está dentro da Física, estuda as ondas eletromagnéticas. Os raios X, os raios gama, e a luz visível são exemplos de ondas eletromagnéticas, elas são governadas pelas Leis da Física Quântica (Halliday *et al.*, 2009).

A luz visível que será o objeto deste estudo está compreendida no espectro eletromagnético em uma faixa nanométrica de 380 a 750 de comprimento (Schumann, 2006). Tais comprimentos são capazes de sensibilizar as células do olho humano e gerar a percepção das cores que vai do violeta ao vermelho, toda imagem é uma combinação dessas cores (Hinrichs, 2014). Por isso a luz visível deve ser objeto de estudo do lapidador.

Embora as ondas luminosas se espalhem ao se afastar da fonte, como é o caso dos raios solares, por exemplo. Ao se estudar o comportamento deste tipo de ondas a abordagem usada será que os raios luminosos se propagam em linha reta (Halliday *et al.*, 2009).

Esta lógica aplicada para aos estudos das propriedades dessas ondas é chamada de ótica geométrica e é a forma com que este trabalho aborda o estudo da luz e da interação dela com os minerais e as gemas coradas.

Ao incidir sobre o mineral a luz pode ser refratada, refletida, dispersada ou absorvida. Com a absorção seletiva da luz, a cor é produzida, a luz refletida é percebida na forma de brilho, a luz refratada pode ser aprisionada dentro do mineral e retornar como brilhância e/ou fogo (dispersão), a lapidação avançada pode interferir, aumentar ou diminuir a função destes componentes (Kunz, 2000 *apud* Nadur, 2009).

Embora as ondas luminosas se espalhem ao se afastar da fonte, como é o caso dos raios solares, por exemplo. Ao se estudar o comportamento deste tipo de ondas a abordagem usada será que os raios luminosos se propagam em linha reta (Halliday *et al.*, 2009).

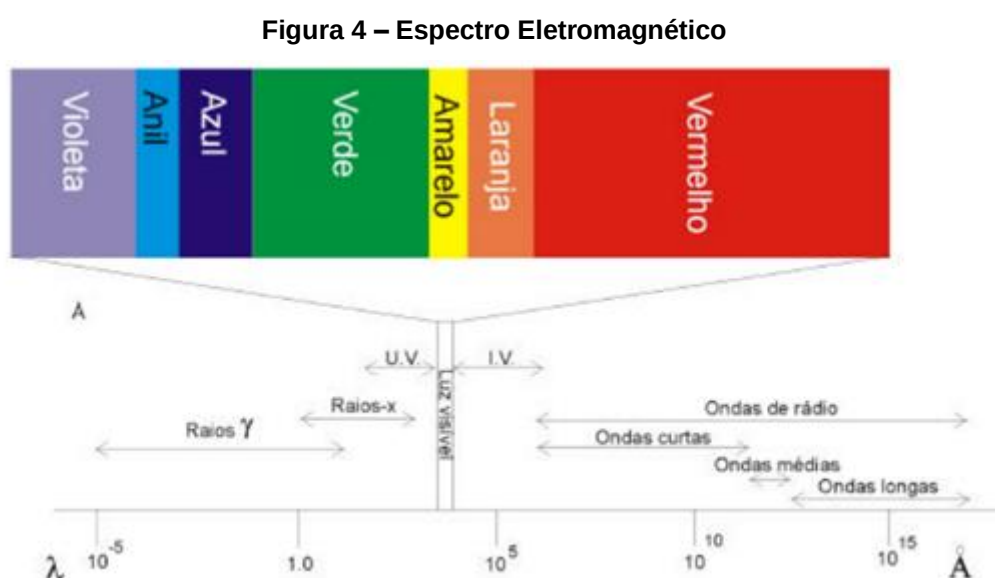
Esta lógica aplicada aos estudos das propriedades dessas ondas é chamada de Óptica Geométrica e é a forma com que este trabalho abordará o estudo da luz e da interação da luz com as gemas coradas.

Ao incidir sobre o mineral a luz pode ser refratada, refletida, dispersada ou absorvida. Com a absorção seletiva da luz, a cor é produzida, a luz refletida é

percebida na forma de brilho, a luz refratada pode ser aprisionada dentro do mineral e retornar como brilho e/ou fogo (dispersão), a lapidação avançada pode interferir, aumentar ou diminuir a função destes componentes (Kunz, 2000 *apud* Nadur, 2009).

Abaixo a Figura 4 representa o espectro das ondas eletromagnéticas com ênfase nas sete cores que vão do violeta ao vermelho. Ao refletir ou refratar a luz incidente são válidas as seguintes leis da física para o feixe de luz: v

a) lei da reflexão diz que o raio refletido está no plano de incidência e tem um ângulo de reflexão θ_2 igual ao ângulo de incidência θ_1 .



Fonte: Adaptado de Nardy *et al.*, 2009.

$$\theta_1 = \theta_2.$$

b) Para a lei da refração o raio refratado está no plano de incidência e tem o ângulo de refração que está relacionado ao de incidência pela equação de Snell:

$$n_2 \sin(\theta_2) = n_1 \sin \theta_1. \quad (1)$$

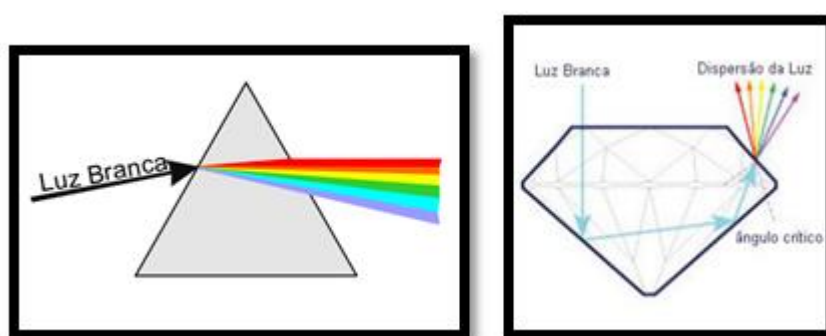
n_1 e n_2 são chamados de índice de refração e seu valor é único em cada meio de propagação. Ele funciona como uma identidade do mineral, pois é específico para mineral gemológico. É comum utilizar estes valores para a identificação de gemas. O índice de refração (n) é dado pela equação abaixo:

$$n = c/v. \quad (2)$$

Onde c é velocidade da luz no vácuo e v a velocidade da luz na gema (Halliday *et al.*, 2009).

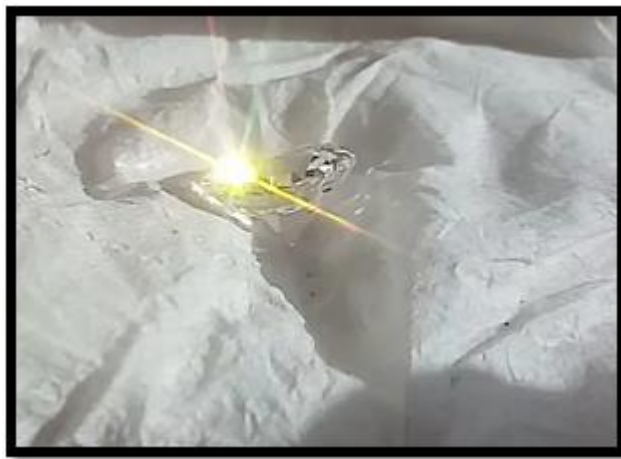
Dispersão cromática é o termo científico que designa a separação da luz branca, o fogo é o conjunto de cores reluzentes produzidas pela dispersão. Os dois termos se relacionam, mas possuem diferentes atributos. O fogo é mais intenso nos minerais incolores pelo fato de não absorverem nenhum tipo de cor e refletir todas (Schumann, 2006). Na Figura 5 e na Figura 6 é possível observar a dispersão cromática em um prisma e o resultado dessa dispersão na gema facetada.

Figura 5 – Dispersão cromática



Fonte: Nardy *et al.*, 2009 Nadur, 2009 Adaptado

Figura 6 – Dispersão cromática na gema lapidada



Fonte: Próprio autor.

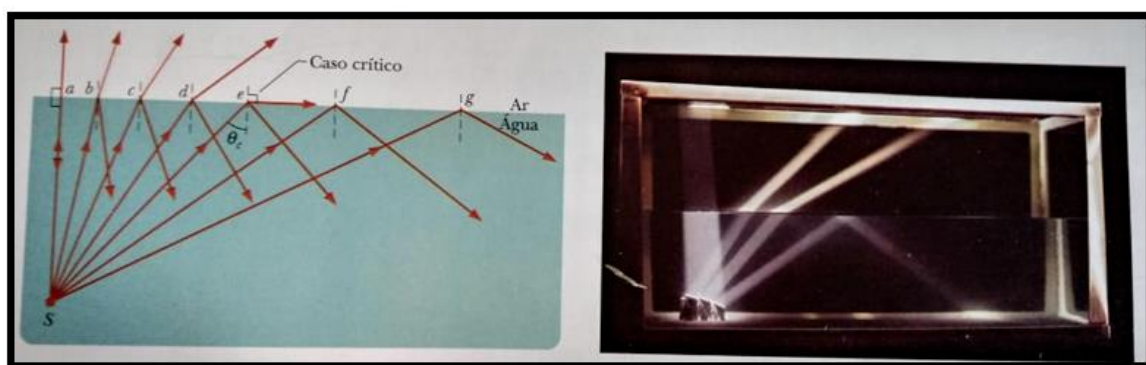
Propriedades Óticas: Reflexão interna total

Foi observado em experimentos o comportamento de um raio luminoso emitido de um meio mais denso para um meio menos denso, como é o caso em que

a luz após entrar na gema (mais densa) por refração através da coroa e caminha até o pavilhão região que faz limite com o ar (menos denso). Neste experimento ao variar o ângulo de incidência também ocorria a variação dos ângulos de reflexão e refração.

Ele mostrou que existe um ângulo em que o raio de luz é emitido e a luz refratada faz 90° com a superfície de contato dos dois meios materiais, no caso gema/ar, este ângulo recebe o nome de ângulo crítico. A partir do ângulo crítico todo raio de luz emitido é totalmente refletido. A este comportamento do raio conforme apresentado na figura 7 dá-se o nome de reflexão interna total (Halliday *et al.*, 2009). Este entendimento permite lapidar uma gema sem janelas (facetas que não reflete Luz), toda faceta do pavilhão que for cortada no ângulo crítico e abaixo dele irá gerar gemas de baixa qualidade óptica.

Figura 7 – Ângulo Crítico



Fonte: Halliday *et al.*, 2009.

O ângulo crítico de uma gema pode ser determinado com a equação da Lei da Refração (Lei de Snell).

$$n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2).$$

Sendo $\theta_1 = \theta_c$, $\theta_2 = 90$ (caso crítico), atribuindo o valor $n_1 = n$ corresponde ao índice de refração de uma gema qualquer e $n_2 = 1$ correspondendo ao índice de refração aproximado do ar. Assim temos que:

$$\theta_c = \sin^{-1}(1/n) . (3)$$

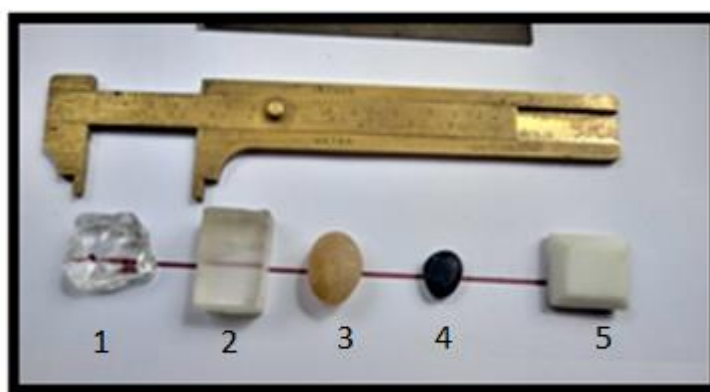
Fenômeno Ótico: Cor.

As cores nas gemas ocorrem pela absorção seletiva das ondas eletromagnéticas do espectro visível. A cor percebida pelo olho humano é o

resultado da somatória dos comprimentos de ondas não absorvidos pela gema (Hinrichs, 2014).

A figura 8 mostra que quando um material gemológico permite a passagem de toda a luz ele é transparente (1), agora se apenas alguns comprimentos de onda transpasseem ele será parcialmente transparente chamado também de translúcido (2). Existem também os minerais opacos (3), que são aqueles que não permitem a passagem da luz. Uma gema será incolor se nenhuma luz for absorvida, agora se toda a luz for absorvida a gema será preta (4), a cor branca (5) será expressa se todos os comprimentos de ondas forem refletidos com mesma intensidade, a absorção seletiva gera todas as demais cores (Chvátal, 2007 *apud* Nadur, 2009; Schumann, 2006).

Figura 8 – Interação da Luz com as Gemas



Fonte: Próprio autor.

A causa mais frequente das cores é devido a íons de metais de transição, quando entram na composição química resultam em cores idiocromáticas, quando ocorrem como impurezas resultam em cores alochromáticas. O termo idiocromático refere-se a minerais que ocorrem com uma única cor. Em contrapartida, aqueles minerais que existem em diversas cores são os alochromáticos (Schumann, 2006).

Existem minerais gemológicos transparentes que são chamados de anisotrópicos, isso significa que irá apresentar uma absorção seletiva dos comprimentos de ondas em função da direção em que se propagam no cristal. Desta forma, um mesmo mineral poderá apresentar tonalidades diferentes ou cores diferentes dependendo da direção que é observado, a essa característica nos minerais é dado o nome de dicroísmo se exibir duas cores, tricoísmo ou pleocroísmo

dar-se o nome de gemas pleocróicas de uma forma geral (Schumann, 2006), (Hinrichs, 2014).

Características Físicas das Gemas.

Segundo Hurlburt (1991 *apud* Nadur, 2009):

Os elementos químicos que compõem uma gema e como estão organizados na estrutura do cristal determinam suas propriedades físicas características. As propriedades físicas mais utilizadas na lapidação são: dureza, clivagem, partição e fratura (Hurlburt, 1991 *apud* Nadur, 2009, p. 88).

A dureza é a resistência oferecida por uma superfície ao ser arranhada por outro material. A dureza é uma força vetorial direcionada desta forma, a dureza de uma gema pode variar de acordo com a direção em que a gema é riscada (Schumann, 2006).

Para o mineralogista Friedrich Mohs (1773-1839) a dureza é a resistência que um mineral oferece ao ser riscado por um objeto de teste pontiagudo. Partindo dessa lógica, ele desenvolveu uma escala de comparação usando dez minerais diferentes conforme Tabela 1 (Schumann, 2006; Museu Heinz Ebert, 2020; Boliński, 1988).

A clivagem é a tendência de um mineral se romper em planos preferenciais mediante o esforço externo. Tais planos são definidos por fraqueza das ligações atômicas ou estrutural ou um maior espaçamento da rede cristalina que interfere na coesão entre os átomos (Boliński, 1988; Schumann, 2006).

Tabela 1 – Escala de Dureza dos Minerais

Escala de Dureza Absoluta de Friedrich Mohs		
Dureza do risco	Mineral	Ensaio de Dureza
01	Talco	É riscado pela unha
02	Gipsita	É riscado pela unha
03	Calcita	É riscado por uma moeda de cobre
04	Fluorita	É riscado por uma Apatita
05	Apatita	É riscado com uma faca
06	Ortoclásio	É riscado por uma lima de aço
07	Quartzo	Risca o vidro e os anteriores
08	Topázio	Risca o Quartzo e os anteriores
09	Coríndon	Risca o Topázio e os anteriores
10	Diamante	Risca todos anteriores

Fonte: Schumann, 2006; Museu Heinz Ebert, 2020; Boliński, 1988. Adaptado.

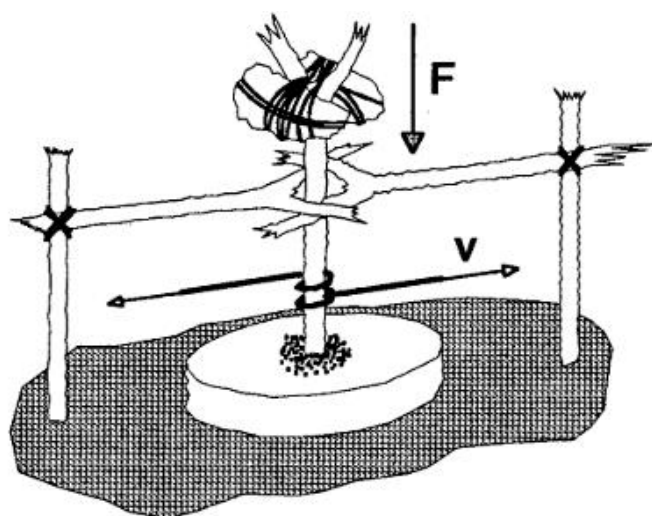
A partição se diferencia da clivagem por não estar presente em todos os cristais de uma mesma espécie. Na partição os planos de rompimento são resultado da pressão, da geminação ou exsolução num mineral (Boliński, 1988; Museu Heinz Ebert, 2020).

A fratura corresponde a quebra ocasionada por esforços externos onde a superfície gerada é irregular e não possui plano preferencial. (Museu Heinz Ebert, 2020; Schumann, 2006; Boliński, 1988).

Máquinas de Lapidagem

Como a máquina de lapidação disponível na UFVJM não continha nenhuma informação sobre o seu funcionamento, foi feito um levantamento histórico sobre este tipo de equipamento em busca de compreender sua lógica de funcionamento. Temos na Figura 9 o esquema de uma lapidadora primitiva, este modelo é baseado em achados arqueológicos conforme já mencionado em 2.1

Figura 9 – Esquema de uma Lapidadora Primitiva



Fonte: Crichigno Filho, 1994.

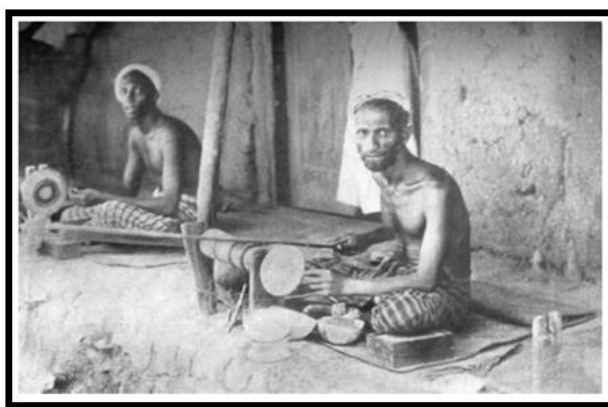
Tal lapidadora era usada para a fabricação de ferramentas e implementos. O funcionamento ocorria pela rotação de um galho contra uma superfície contendo areia. “A madeira era o material ideal para suportar as partículas de areia, e diferentes resultados poderiam ser obtidos pela escolha de vários tipos de areias, rotação do galho e pela variação das massas das pedras que eram pendurados sobre o galho” (Crichigno Filho, 1994, p. 6).

O avanço tecnológico e o desenvolvimento das diversas áreas da ciência ao longo do tempo possibilitaram o desenvolvimento de máquinas de lapidação mais eficientes. A Figura 10a representa o polidor de gemas de 1497, mostra o início desta arte. Já a Figura 10b mostra a lapidação indiana também conhecida como Bow Driven. Devido à rusticidade da técnica não é possível controlar os ângulos de cortes das facetas por isso é aplicada somente para gemas coradas com cores mais intensas, uma vez que elas permitem uma maior flexibilidade quanto ao ângulo de corte das facetas, a cor pode ser mais importante que o brilho. Essa técnica é aplicada desde 1800 até os dias atuais.

Figura 10 – Máquina de Acionamento Manual



(a) Polidor de Gemas



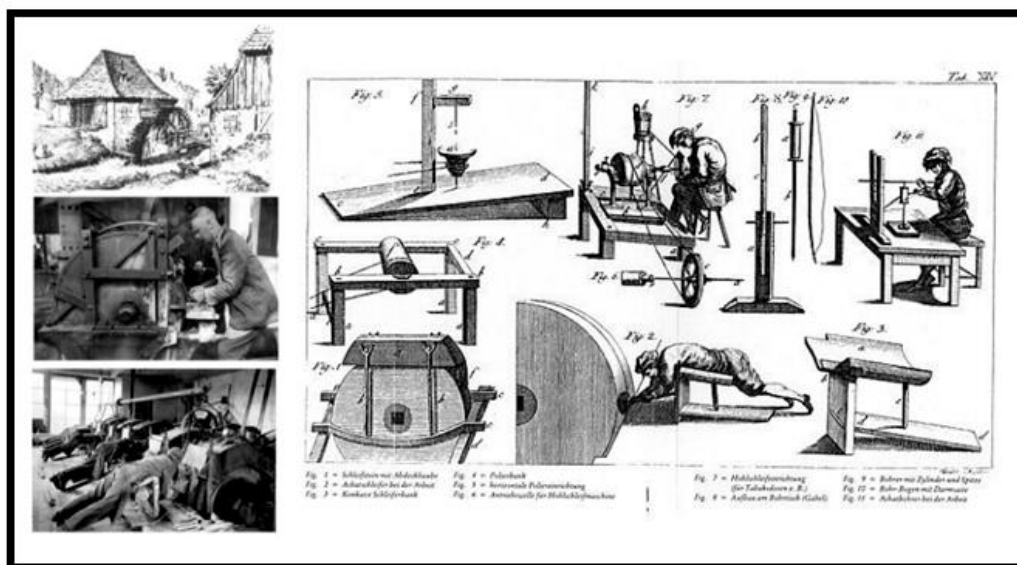
(b) Lapidação Bow driven

Fonte: (Nadur, 2009).

A Figura 11 apresenta a lapidação usando rebolos de arenito movidos por força hidráulica.

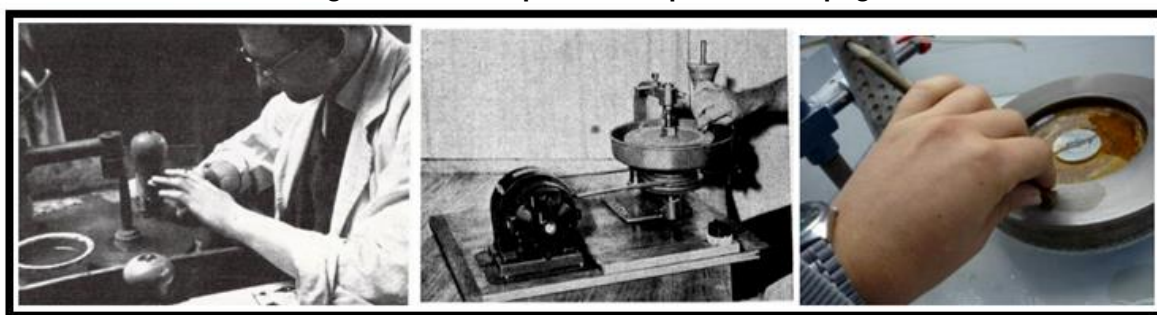
Com a revolução industrial houve o desenvolvimento de máquinas que passaram a ser movidas por eletricidade, eixos e polias. Podemos observar na Figura 12 a técnica de *Jambpeg* esta técnica já permitiu um maior controle dos ângulos. A gema é presa em um *dopstick* de madeira, usa-se água como refrigeração dos discos. É uma técnica que resiste até os dias atuais (Nadur, 2009).

Figura 11 – Máquina de Acionamento Hidráulica



Fonte: Nadur, 2009.

Figura 12 – Exemplos de Máquinas Jambpeg



Fonte: Nadur, 2009.

A Figura 13 apresenta máquinas com graduador conhecido como “A Figura 13 apresenta máquinas com graduador conhecido como “*Facetinghead*”. Neste modelo de máquina o controle dos ângulos é feito através de um braço lateral onde é acoplado ao “*dopstick*”, agora metálico. O braço possui rotação em duas direções, vertical e horizontal (Hurlburt., 1991 *apud* Nadur, 2009).

A Figura 14 é um exemplo de máquina disponíveis no mercado Brasileiro produzido e vendido pela empresa Lapidart. Já a Figura 15 mostra uma máquina de alta precisão com graduador digital, este modelo pode ser adquirido por meio de importação.

Atualmente máquinas de lapidação que fazem uso da tecnologia por Comando Numérico Computadorizado (CNC), tecnologia que une programação de computadores com máquinas capazes de fabricar poliedros complexos com alta

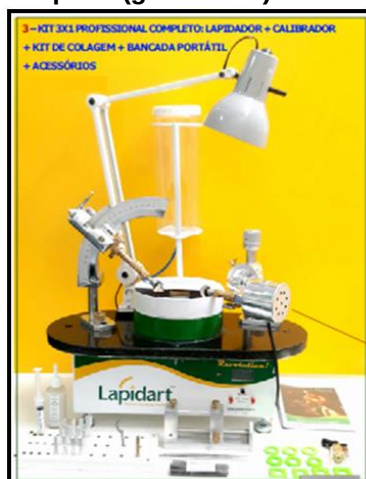
precisão são voltadas para a lapidação de diamantes (Instituto Federal de São Paulo, 2021). No Brasil esta tecnologia ainda encontra-se em fase de desenvolvimento pela empresa Lapidart, pensada para produção de gemas coradas.

Figura 13 – Máquina com Graduador



Fonte: Aliexpress, 2021.

Figura 14 – Máquina (graduador) Fabricada no Brasil



Fonte: Lapidart, 2021.

Máquinas de Lapidação: Catraca Rosa

A prática deste trabalho foi executada utilizando o conjunto Catraca Rosa para o facetamento das gemas. Ele foi adaptado à bancada da Lapidart conforme apresentado na Figura 16. Em A encontra-se à base de apoio para determinação dos ângulos de corte das facetas, a letra B é a Catraca Rosa. A forma com que esses ângulos são determinados está apresentada na matemática da catraca rosa.

Figura 15 – Máquina de Alta Precisão



Fonte: Ultratec, 2021.

Figura 16 – Catraca Rosa



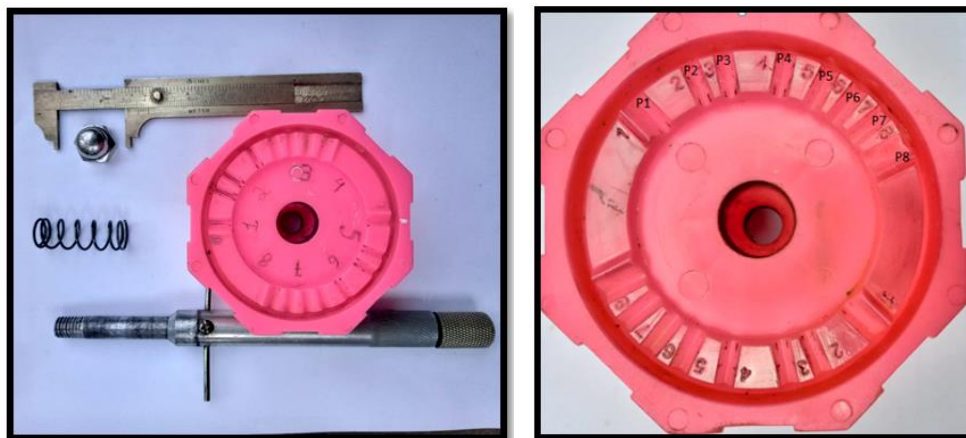
Fonte: Próprio autor.

A catraca rosa possui um formato de octaedro (oito lados). Na Figura 17a estão apresentados os 08 lados desse octaedro. Na Figura 17b está sendo mostrado que para cada posição (P) interna é possível gerar oito lados (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) a cada giro completo. Assim a Catraca Rosa é capaz de gerar um total de 64 posições, por isso, podemos definir como uma máquina de índice 64.

A Matemática da Catraca Rosa

A Catraca Rosa possui uma limitação que originalmente inviabiliza o seu uso na lapidação avançada. Ela não possui nenhuma marcação dos ângulos de corte das facetas. Por isso, se fez necessário determinar uma fórmula matemática que viabilizasse o seu uso neste trabalho.

Figura 17 – Divisões da Catraca Rosa.



(a) As 08 posições da catraca rosa.
Fonte: Próprio autor.

(b) Os lados do octaedro

Para o modelamento matemático da máquina foi utilizada a Trigonometria que é o estudo das relações entre ângulos e lados de um triângulo, neste caso o triângulo retângulo. A Figura 18a apresenta o modelamento a partir do triângulo retângulo, já a Figura 18b mostra a direção de movimento da base (angulador).

Figura 18 – Modelamento Matemático



(a) Triângulo retângulo. (b) Direção do movimento do angulador

Fonte: Próprio autor.

Temos triângulo o retângulo ABC na Figura 18a, onde o segmento AB corresponde a distância horizontal (DH), BC é a altura (Δh) do angulador, AC= Catraca Rosa (Cr).A figura 18b mostra que a determinação do ângulo só pode ser feita através da variação da altura (Δh) do suporte nas direções indicadas pelas setas. Como o seno no triângulo ABC é:

$$\sin(\alpha) = h \quad (4)$$

Cr.

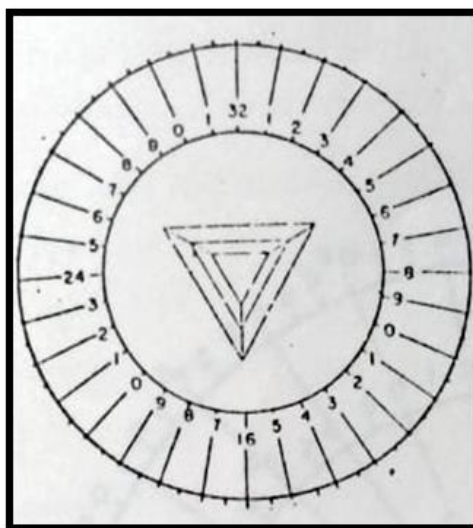
, logo

$$h = \sin(\alpha).Cr \quad (5)$$

Como os diagramas de lapidação indicam os ângulos de corte, basta substituir tais ângulos na equação 5 juntamente com o tamanho da Catraca Rosa. O resultado corresponderá a altura que o angulador deve ser ajustado para cortar a gema. Tal modelamento apesar de esclarecer o funcionamento da máquina se mostrou muito trabalhoso, desta forma, foi associado ao equipamento um angulador digital que tornou a Catraca Rosa aplicável na lapidação avançada.

Existe uma semelhança entre as diferentes máquinas de lapidação, elas apresentam um mesmo princípio de funcionamento que é o de variar a posição da gema em torno de um eixo central. Quanto maior o número de posições em torno do eixo, maior será a variedade de formas possíveis de serem lapidadas com o equipamento. As máquinas de lapidação encontradas na pesquisa que assemelham a Catraca Rosa possuem 32, 64 ou 96 posições. A Figura 19 mostra como é feita a associação das diferentes faces de um poliedro a números em um esquema com 32 posições, esse mesmo princípio é aplicado para 64 e 96 posições.

Figura 19 – Associação das faces a números

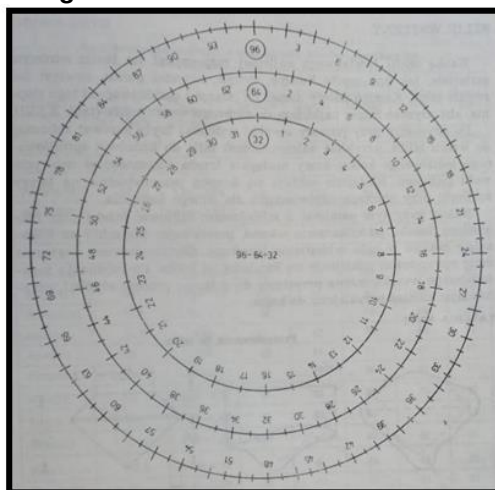


Fonte: Spirit; Diniz, 1986.

Essa associação entre faces e números permite criar mapas (Diagramas) que possibilitam repetir o mesmo corte por outras pessoas. Os diagramas encontrados

foram desenvolvidos para o índice 96 e 64. Como todos foram criados utilizando o mesmo princípio é sempre possível converter as gemas desenvolvidas em índices menores para índices maiores, em alguns casos o inverso também é possível. O diagrama que permite tal transformação está apresentada abaixo na Figura 20.

Figura 20 – Diagrama de Conversão Entre os Índices 32,64,96

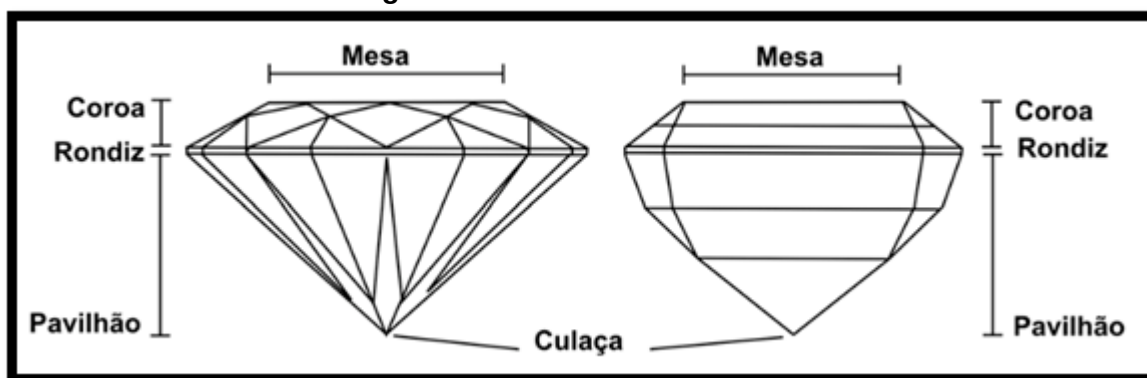


Fonte: boliński, 1988.

Poliedros de lapidação

De uma forma geral os modelos de lapidações podem ser divididos em três partes: Coroa, Rondiz (cintura) e Pavilhão conforme apresentado na Figura 21 (Boliński, 1988).

Figura 21 – Partes dos Poliedros



Fonte: Martinsfilho; Mol; Rocha, 2005.

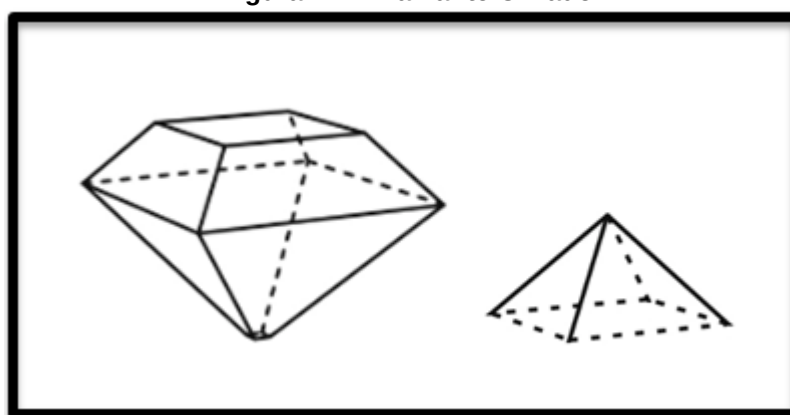
A maioria dos poliedros surgiu do modelo “*Table Cut*” que evoluiu por duas vertentes, uma voltada para os minerais corados e outra para o diamante. O modelo

foi criado aproveitando a clivagem dos diamantes, “Pela primeira vez as gemas lapidadas funcionavam como um prisma retro refletor, devolvendo a maioria da luz incidente ao olho do observador” (Mol, 2004, p. 15).

A clivagem do diamante para fazer o corte *Table Cut* gera dois pedaços conforme apresentado na Figura 22.

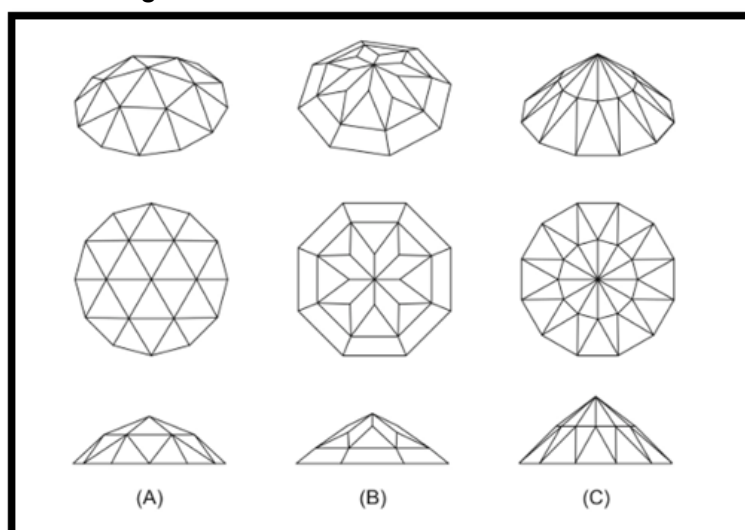
A maior porção era usada para fazer o modelo “*Table Cut*”. Para aproveitar a menor porção foi desenvolvido os cortes que lembravam rosas, por isso foi nomeado de “*Rose Cuts*”. Os “*Rose Cuts*” também eram usados minerais com cores intensas, pois possibilita a diminuição da saturação da cor (MOL, 2004). Podemos observar na Figura 23 as variações do Rose Cut.

Figura 22 – Diamante Clivado



Fonte: Mol, 2004 Adaptado.

Figura 23 – Modelos de Rose Cuts



Fonte: Mol, 2004.

O modelo “*Table Cut*” era muito eficiente para diamante, porém para as gemas coradas ele gerava baixo aproveitamento devido a grande diferença no formato dos cristais.

O “*Table Cut*” evoluiu para cortes retangulares, desta forma, solucionou o problema de baixo aproveitamento nos minerais corados.

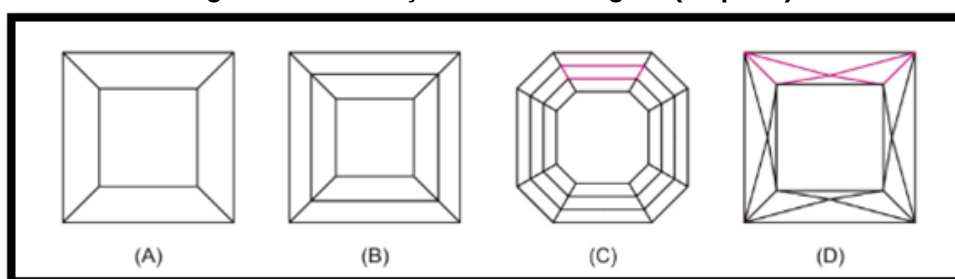
O corte retangular ficou conhecido como *Step Cut* (corte em degrau) chamado também de *Trap Cut*. Este modelo de corte apresenta faces retangulares paralelas em degrau como pode ser visto na Figura 24 (Mol, 2004).

O corte em degraus foi desenvolvido especialmente o Berilo verde (esmeralda), este corte além de intensificar os fenômenos ópticos também protege a lapidação contra impactos. Está proteção se mostra necessária uma vez que naturalmente a esmeralda possui muitas inclusões o que a torna frágil quanto a pancadas (Nadur, 2009 *apud* Read, 1991). A Figura 24 demonstra a evolução do “*Step Cut*” em: (a) corte mesa, (b) corte *Trap*, (c) corte *Step*, (d) corte tesoura com facetas “cruzadas”. É a evolução do corte *Step Cut* para o corte esmeralda.

O corte Degrau apresenta variações conforme demonstra a Figura 25. Possuem formatos como “*Baguette*”, “*Maquise*” ou “*Navette*”, “*Princess cut*”, Coração, “*Briollet*”, “*Trillion*” ou formatos irregulares que proporcionam melhor aproveitamento dos cristais de minerais corados.

A segunda linha de evolução do modelo “*Table Cut*” levou ao corte brilhante. “A princípio, a ‘mesa’ ganhou mais lados, sendo os quatro originais duplicados, na lapidação “*Eight*

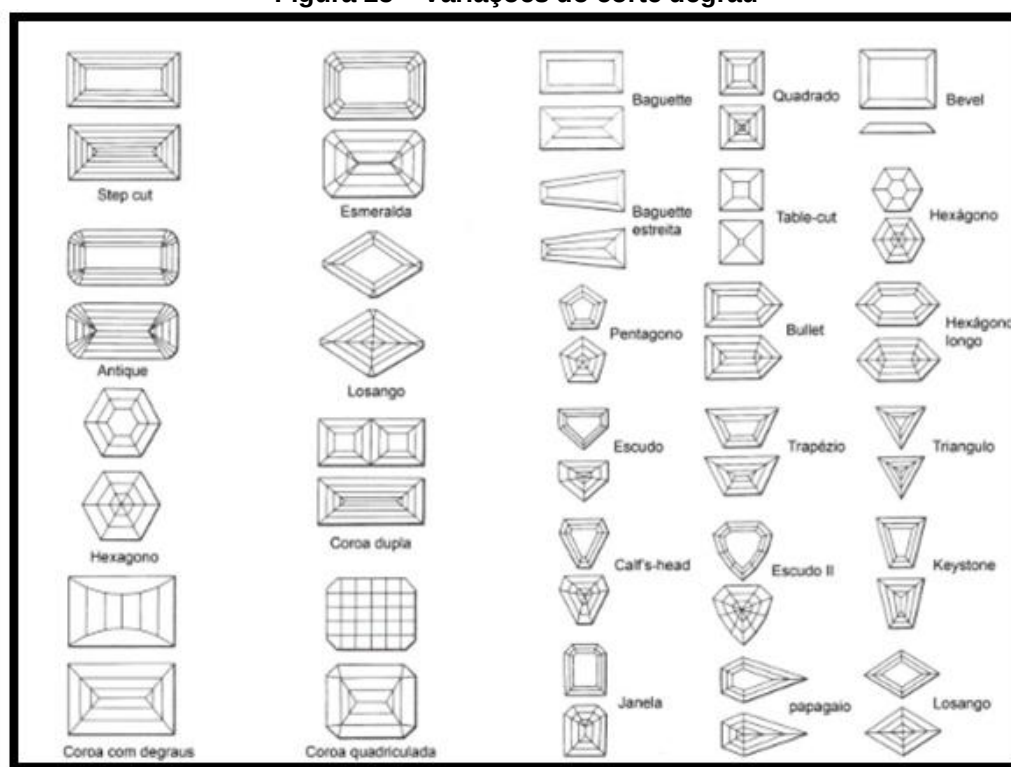
Figura 24 – Evolução do Corte Degrau (step cut)



Fonte: Mol, 2004.

Cut”. Com o passar do tempo surgiram diversas variações de quantidades de ângulos de facetas, como no brilhante português, até a padronização no século XX” (Mol, 2004, p. 8). É possível observar variações do corte “*Table Cut*” ao “*Brilliant Cut*” na Figura 26.

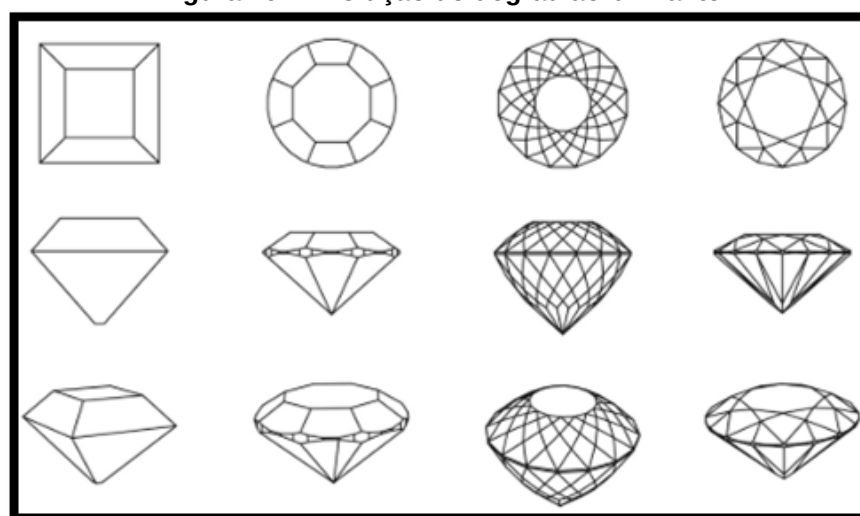
Figura 25 – Variações do corte degrau



Fonte: Mol, 2004.

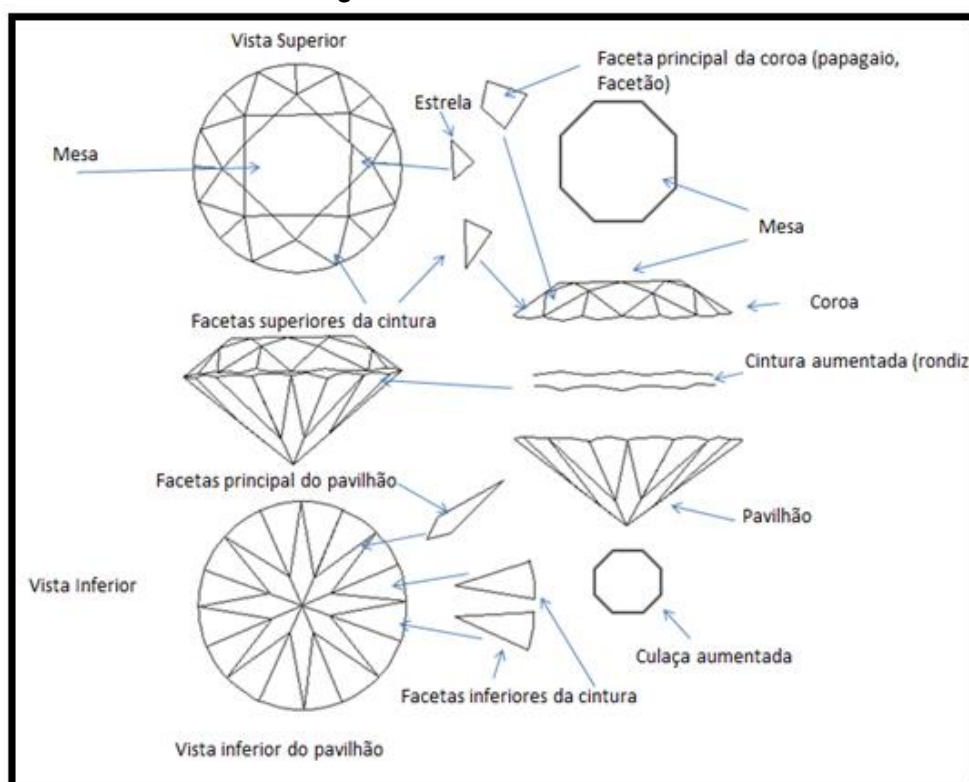
O padrão de facetamento brilhante foi amplamente adaptado para outras formas, criando assim os cortes fantasia chamados de “*FancyCuts*”. O corte brilhante está detalhado na Figura 27, este modelo é o mais conhecido e importante (bolińskir, 1988). Na figura 28 o mesmo padrão é aplicado para outras formas mostra em: (a) pêra, (b) oval e (c) Navette ou marquise (Pageltheisen, 1990).

Figura 26 – Evolução do degrau ao brilhante



Fonte: Mol, 2004.

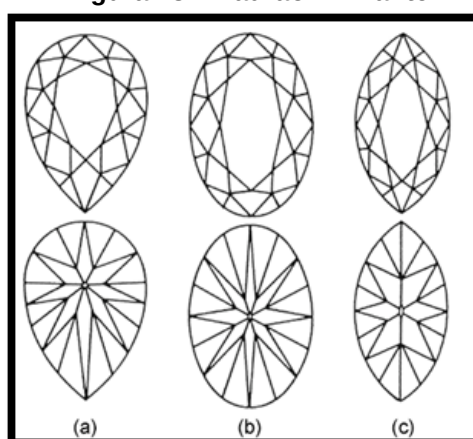
Figura 27 – Modelo Brilhante



Fonte: Bolińskir, 1988.

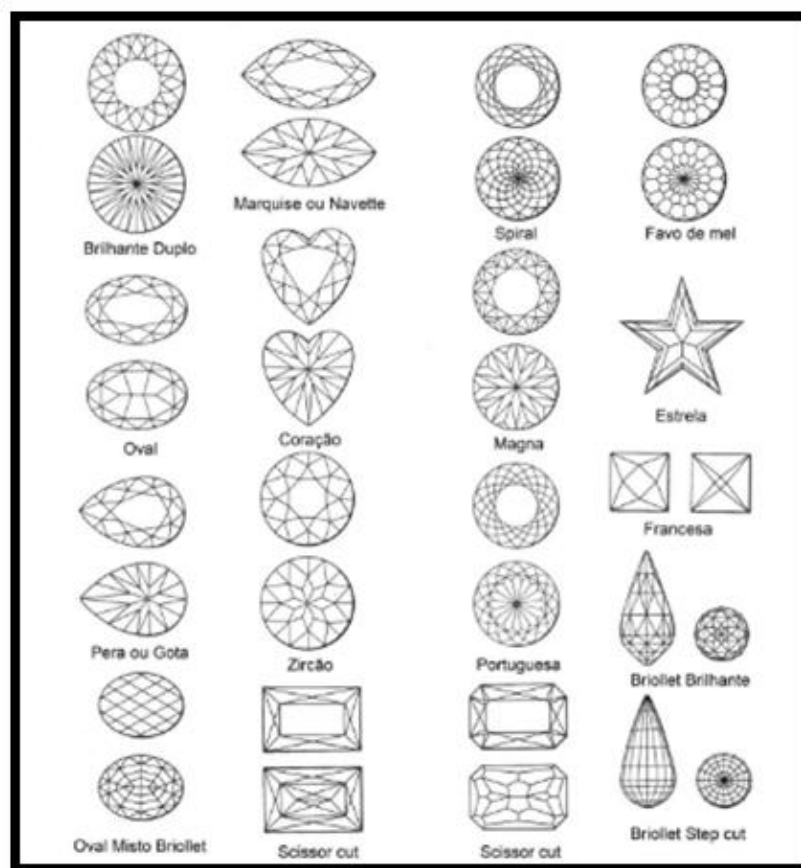
Segundo (Pageltheisen, 1990) com exceção dos formatos brilhante e “*Step Cut*” tradicionais todos os demais são fantasia, abaixo a Figura 29 apresenta diversos desses modelos.

Figura 28 – Padrão Brilhante



Fonte: Adaptado de Mol, 2004.

Figura 29 – Variações do corte fantasia



Fonte: Nadur, 2009.

Diagramas de Lapidação

Com a transformação da lapidação ao longo de milhares de anos, muita informação foi sendo associada à arte, surgiu assim a necessidade de organizar tais informações de forma estruturada e simplificada. Daí surgiram os diagramas de lapidação, neles estão apresentadas as relações entre dimensões e ângulos da facetas, parâmetros geométricos e a quantidade de facetas que compõem o poliedro (Zanatta *et al.*, 2010).

Segundo Zanatta *et al.* (2010):

O diagrama de execução tem como objetivo mostrar ao lapidador os parâmetros de como ficará seu trabalho final, assim como os passos a serem seguidos para que o resultado fique satisfatório. Existem diferentes diagramas de execução no mercado, cada um com suas particularidades tanto na parte ilustrativa (imagens e figuras) como na parte textual (informações), mas todos com o mesmo objetivo, de informar e orientar o executor (lapidador) no seu trabalho. Assim, é importante para o lapidador que o diagrama gerado seja compreensível, legível e, principalmente,

confiável ao detalhar as informações, pois um erro de valor no diagrama pode invalidar o projeto (Zanatta *et al.*, 2010, p.71).

Os diagramas de lapidação projetados atualmente em sua maioria levam em consideração os ângulos críticos dos minerais, desta forma a gema proposta será capaz de expressar o melhor do mineral (Mol, 2004).

Existem vários modelos de diagramas para um mesmo poliedro. Eles apresentam vistas das gemas, orientação da sequência e execução do corte da faceta, as proporções da (coroa, rondiz (cintura) e pavilhão), a angulação para corte de cada faceta, índice de refração que identifica para qual mineral gemológico ele foi desenvolvido, quantidade de eixos de simetria, quantidade de facetas, índice da máquina utilizado. Existem também modelos que apresentam o volume final esperado, além de informações como o nome do autor e o local de publicação. A Figura 30 representa um modelo de diagrama de lapidação desenvolvido no índice 96.

Este padrão de diagrama pode ser baixado em sites dedicados exclusivamente a divulgação de diagramas de lapidação, como é caso do *facetdiagrams.org*, que gera um arquivo de visualização que pode ser baixado e aberto no *gemcad.com* que é um software desenvolvido para ao design de gemas”.

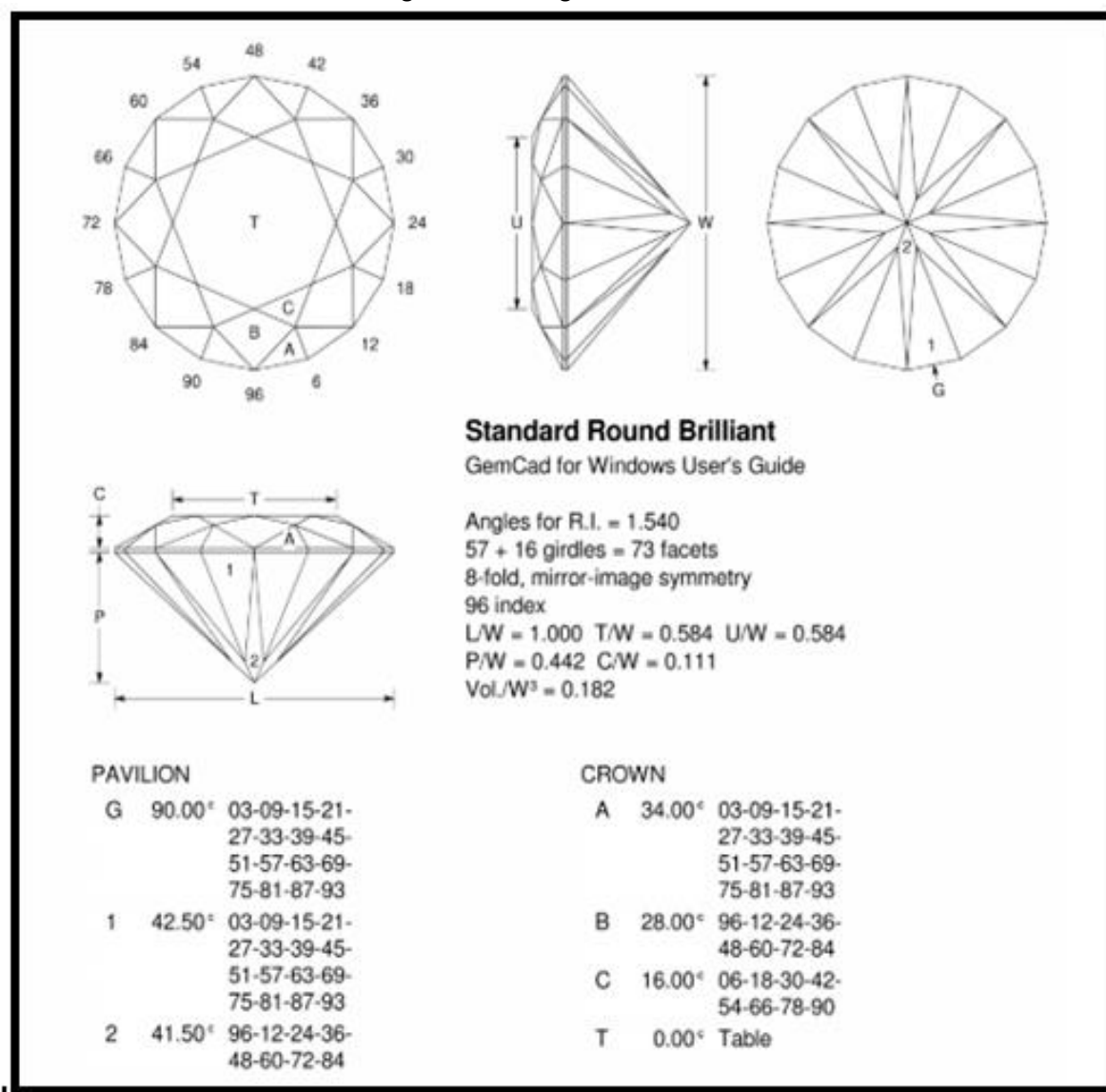
Ele simula uma lapidadora e permite ao lapidário uma visualização em 3D da forma final que a gema irá assumir após a lapidação. No software também podem ser criados novos projetos. Para acessar os diagramas no site é necessário inserir dados como índice de refração, e o índice da máquina, ou seja, o número de divisões 32, 64, 96.

Para se chegar ao diagrama da Catraca rosa foi necessário inicialmente converter o índice 96 em 64 (Figura 31). Os números gerados para o índice 64 nesta relação foram utilizados para se chegar ao diagrama da Catraca Rosa.

O entendimento de como o índice 64 se relaciona com os lados da Catraca Rosa veio através do cruzamento de informações coletadas informalmente com diagramas já testados. Os diagramas que serviram de base para esse entendimento foram recebidos por meio de doação dentro de um grupo da rede social WhatsApp “Lapidários Aventureiros” que em sua descrição resume o objetivo do grupo: *Ajudar cada um com aquilo que não souber no ramo da lapidação.*

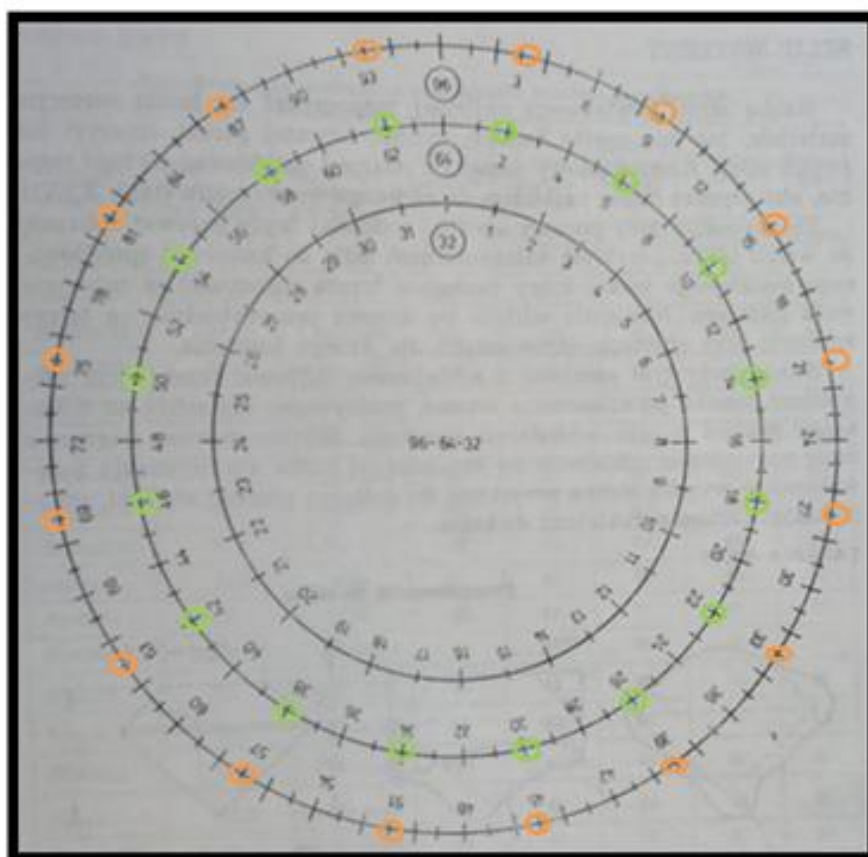
As primeiras informações sobre a Catraca Rosa vieram através do youtuber “Jota” do Canal Família Jota Caçadores de Aventuras.

Figura 30 – Diagrama índice 96



Fonte: Nadur, 2009

Figura 31 – Convertendo index 96 para 64



Fonte: Adaptado de Boliński, 1988.

A relação com P1 é mostrado nas Figuras 32a e 32b e estão reunidas na Tabela 2.

Figura 32 – Conversão do índice 64 para a Catraca Rosa P1



(a) Posição P1. (b) Lados da catraca rosa. Fonte: Próprio autor

Tabela 2 – Posição um Catraca Rosa

P1									
Lado	1	2	3	4	5	6	7	8	
Índice 64	64	08	16	24	32	40	48	56	

Fonte: Próprio Autor

A relação com P2 é mostrado nas Figuras 33a e 33b e reunidas na Tabela 3.

Figura 33 – Conversão do índice 64 para a Catraca Rosa P2

(a) Posição P2. (b) Lados da catraca rosa.

(b) Fonte: Próprio autor

Tabela 3 – Posição dois Catraca Rosa

P2									
Lado	1	2	3	4	5	6	7	8	
Índice 64	4	12	20	28	36	44	52	60	

Fonte: Próprio autor

Na Tabela 4 estão apresentadas todas as relações entre as posições e os lados da Catraca Rosa com o índice 64.

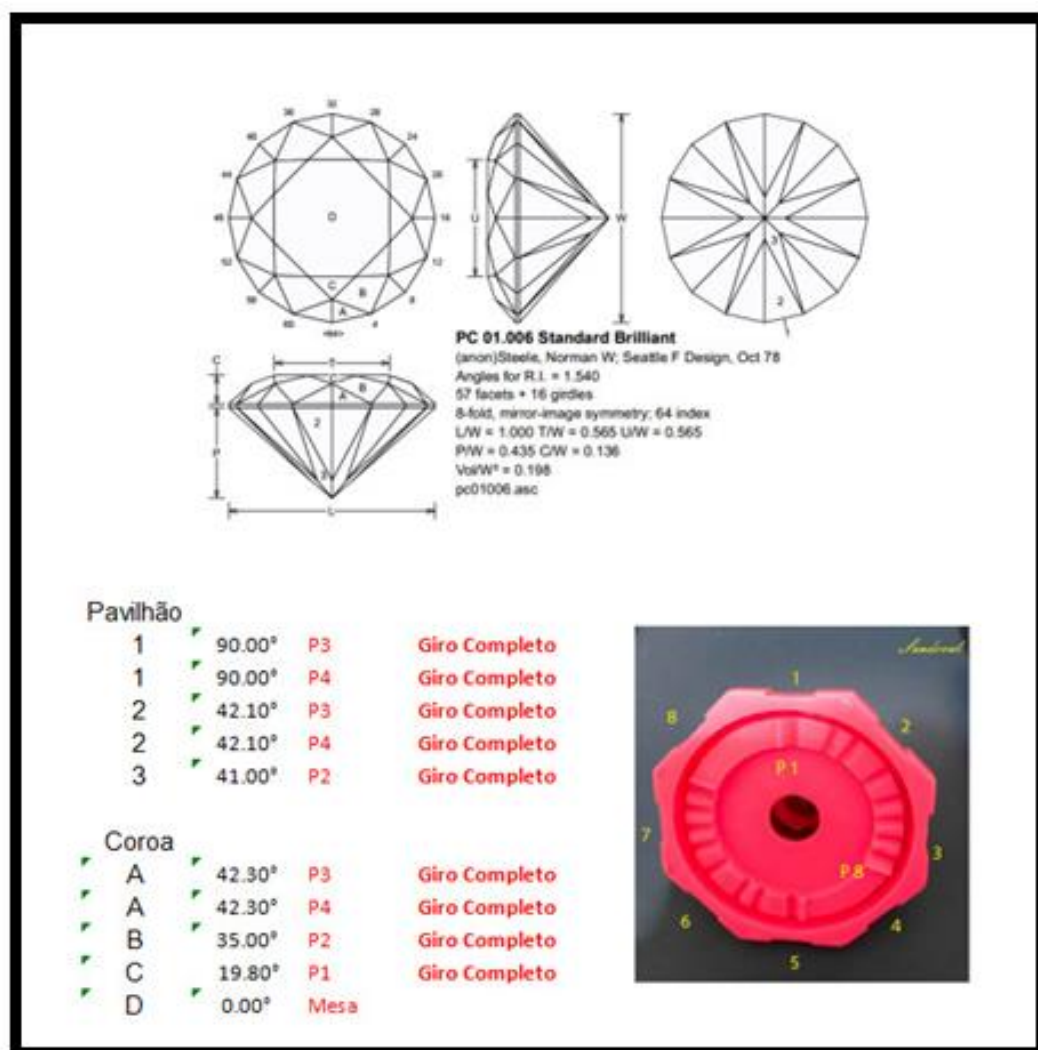
Tabela 4 – Relação da Catraca Rosa com o índice 64

Posição					Lados da Catraca Rosa				
	1	2	3	4	5	6	7	8	
P1	64	08	16	24	32	40	48	56	
P2	04	12	20	28	36	44	52	60	
P3	06	14	22	30	38	46	54	62	
P4	10	18	26	34	42	50	58	02	
P5	13	21	29	37	45	53	61	05	
P6	15	23	31	39	47	55	63	07	
P7	17	25	33	41	49	57	01	09	
P8	19	27	35	43	51	59	03	11	

Fonte: Próprio autor.

Na Figura 34 está o diagrama desenvolvido por Sandoval Bezerra da Silva para Catraca Rosa que é uma modificação do modelo brilhante clássico, pois apresenta 16 facetas a mais na região do rondiz. As relações de lados e posições vão de encontro com os dados apresentados na Tabela 4. Esse entendimento permite transformar qualquer diagrama desenvolvido para o índice 64 em diagrama da Catraca Rosa.

Figura 34 – Diagrama da Catraca Rosa



Fonte: Sandoval Bezerra da Silva [s.d]

Será apresentada em seguida uma explicação sobre as informações contidas neste diagrama.

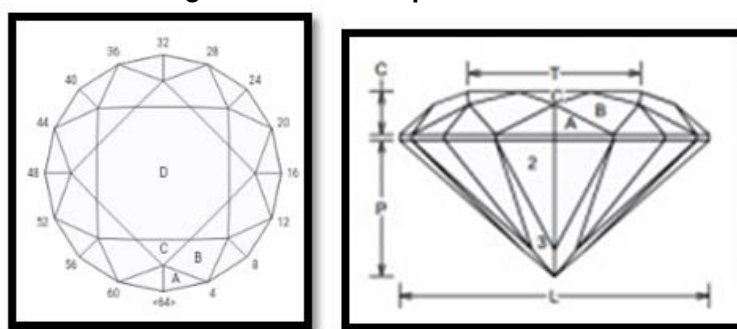
Na Figura 35a está a vista superior, a lateral está na Figura 35b e a inferior está na Figura 36. Os números e letras que se repetem nas diferentes vistas auxiliam no entendimento do desenho em três dimensões, representam as mesmas sequências de facetas em vistas diferentes, além de indicar a sequência em que essas faces devem ser cortadas.

No pavilhão a ordem do corte é indicada pelos números em ordem crescente (1, 2, 3), já a sequência da coroa é indicada pela ordem alfabética (A, B, C, D). Os

números que estão dispostos de forma circular na visão superior representam como as facetas estão relacionadas com índice 64.

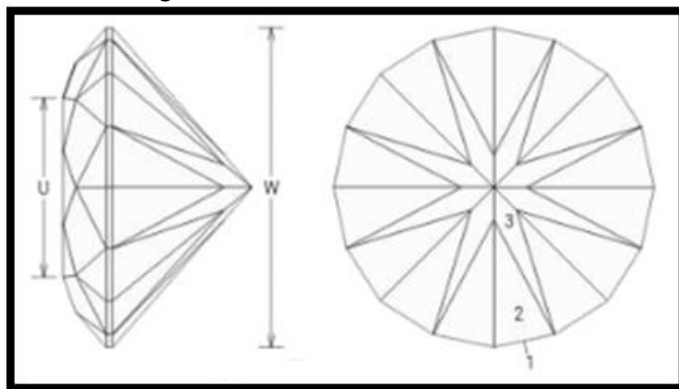
Aparecem também as letras (T, C, P, G, L, U, W) elas representam respectivamente mesa, coroa, pavilhão, rondiz, comprimento, largura. As letras não foram escolhidas arbitrariamente são acrônimos de: *table* (mesa) neste caso representa o comprimento da mesa, *crown* (coroa), *girdle* (rondiz ou cintura), *pavillion* (pavilhão), *length* (comprimento), *Width* (largura), *Upper* (superior) é a largura da mesa.

Figura 35 – Vista superior e lateral



(a) Superior. (b) Lateral. Fonte: Bolińskir, 1988 Adaptado.

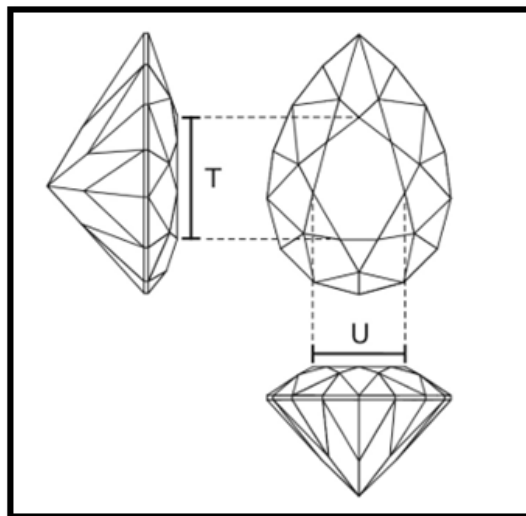
Figura 36 – Vista Lateral e Inferior



Fonte: Bolińskir, 1988 Adaptado

O corte padrão brilhante (Pera) abaixo na Figura 37 representa novamente o entendimento dos acrônimos “T” e “U”, aplicado em modelos não redondos onde “U” faz mais sentido a largura é diferente do comprimento.

Figura 37 – “T” e “U” em cortes não redondos



Fonte: Mol, 2004.

O diagrama mostra na parte escrita, inicialmente, o nome do poliedro PC 01.066 *Standart Brilliante*, logo abaixo dados sobre o autor. Mostra ainda o índice de refração em *Angles For R.I* (Ângulo para o índice de refração) no caso é 1.54 o índice de refração do quartzo.

Apresenta também quantas facetas a gema terá *57 facets + 16 guirdles* (57 facetas + 16 na cintura (rondiz)), ou seja, 72 facetas no total. Em *8fold, mirror image symmetry* mostra que existem 08 posições possíveis para se determinar um plano que divida a gema em duas partes simétrica e especular. O índice do diagrama é indicado em *64 index*.

O tamanho exato de cada parte na gema é apresentado nas proporções, elas têm como referência para o cálculo da medida do rondiz. Toma-se esta medida como 100% e as outras partes da altura total da gema, altura da coroa e do pavilhão são proporcionais a essa medida. Como a gema final terá uma forma poliédrica conhecida é apresentado também o volume em forma de proporção $Vol/W^3=0.19$. Por fim, nesta sequência de dados é apresentada a extensão do arquivo digital em "pc01006 asc".

Harmonia

A harmonia dentro da lapidação também pode ser entendida como aquilo que agrada ao olho do observador, quando isso ocorre naturalmente todas as relações

se completam formando um poliedro próximo do perfeito não é possível observar distorções com lupa de 10x de aumento. Para garantir completude de tais relações e a padronização das lapidações principalmente as voltadas para o mercado joalheiro foi observado e catalogado as medida mais harmônica para uma lapidação que possui o rondiz diferente de redondo, tal padronização é a calibragem (Gemrockauctions, 2021).

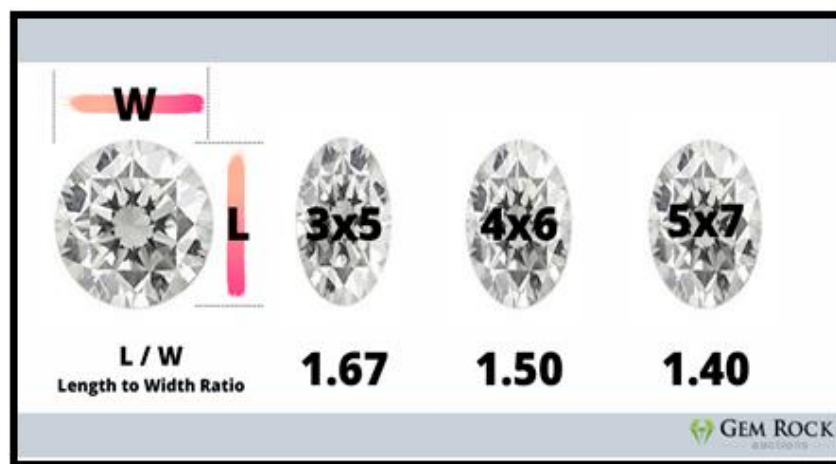
A calibragem se dá pela razão entre a largura e o comprimento da forma a ser lapidada. A razão mais harmônica observada com o desenvolvimento da lapidação é de “1, 33”, 55, ou seja, se dividir o comprimento da gema pela sua largura o quanto mais próximo o resultado for de 1,33, maior será a harmonia. Tal proporção é melhor atendida quando as gemas possuem uma diferença de 2 unidades entre o comprimento e a largura. O ideal é não usar valores com casas decimais diferentes de 5 ou 0. Exemplos: Proporções não ideais:

a) (2,8 x 4,8) deveria ser (2,5 x 4,5).

b) (4, 3 x 2,3) deveria ser (4,0 x 2,0).

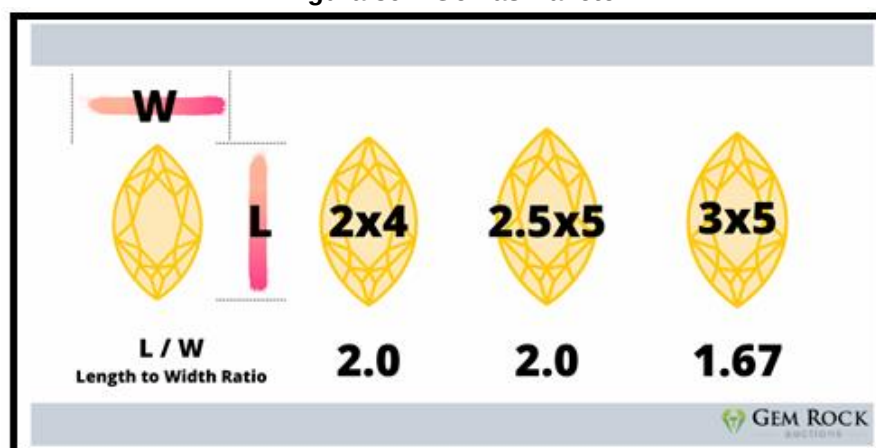
As Figuras 38, 39 e 40 estão ilustrando como as diferentes proporções interferem na forma final da gema.

Figura 38 – Gemas Ovais



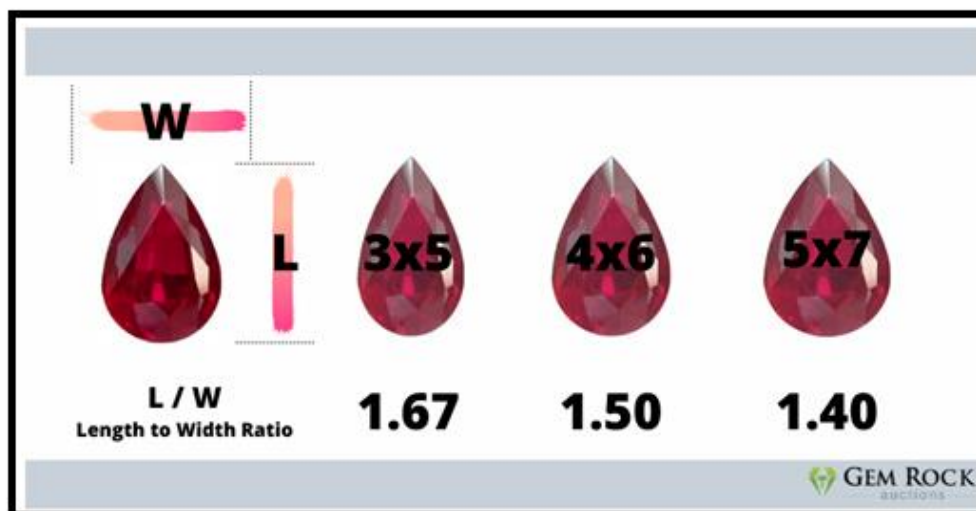
Fonte: Gemrockauctions, 2021

Figura 39 – Gemas Navete



Fonte: Gemrockauctions, 2021

Figura 40 – Gemas Pêra ou Gota



Fonte: Gemrockauctions, 2021

METODOLOGIA DA PESQUISA

Caracterização da Pesquisa

O método de pesquisa empregado na construção deste trabalho é de natureza qualitativa, o tipo de pesquisa é exploratório. Este tipo de pesquisa é caracterizado por um processo de reflexão e análise da realidade utilizando métodos e técnicas para compreender em detalhes o objeto de estudo (Oliveira, 2005 *apud* Matos; Fernandes; Coelho, 2019).

A construção da abordagem teórica e a fundamentação da análise dos resultados deste trabalho utilizaram diversos estudos presentes em artigos, livros, teses de mestrado, sites especializados, manuais de equipamentos, contatos interpessoais e redes sociais. Os dados coletados foram organizados em conceitos que determinam a lapidação avançada e a parte prática onde foram aplicados todos os conceitos reunidos nesta pesquisa.

Os conceitos abordados na física, química e matemática estavam amplamente discutidos em livros, artigos e vídeos, mas foi necessário organizar com o foco na lapidação. As informações a respeito dos minerais gemológicos e das gemas coradas estão em livros e sites como o IBGM.

As informações sobre as diferentes máquinas de lapidação estudadas nesta pesquisa estavam em manuais de fabricantes e sites especializados. Os poliedros e as técnicas de lapidação tem sua trajetória descrita principalmente em teses de mestrado e doutorado e livros. Os arquivos digitais encontrados possuíam seus dados organizados em diferentes formatos e em diferentes línguas, eles foram traduzidos para o português e reorganizados em um formato que busca facilitar o aprendizado.

Como não existia nenhuma informação sobre o funcionamento dos equipamentos disponíveis para a parte prática, foi necessário desenvolver adaptações principalmente para a determinação dos ângulos de corte das facetas.

Lapidação

Para a lapidação foram usados os seguintes materiais:

a) A bancada de lapidação conforme mostra a Figura 41 que contém: reservatório de água (01), calibrador (02), suporte para discos de corte e polimento (03), conjunto da catraca rosa (04), motor monofásico de 1/4 CV(HP) (05). O controle de velocidade é feito por um sistema de correia e polias;

Figura 41 – Máquina de Lapidação



Fonte: Próprio autor.

b) Para o ajuste dos ângulos das facetas foi utilizado o conjunto da Catraca Rosa: Suporte para angulação (A) e Catraca Rosa em (B) Figura 42;

Figura 42 – Conjunto da Catraca Rosa



Fonte: Próprio autor.

c) No polimento Óxido de cromo (Pó verde) que é mostrado na Figura 43 ;

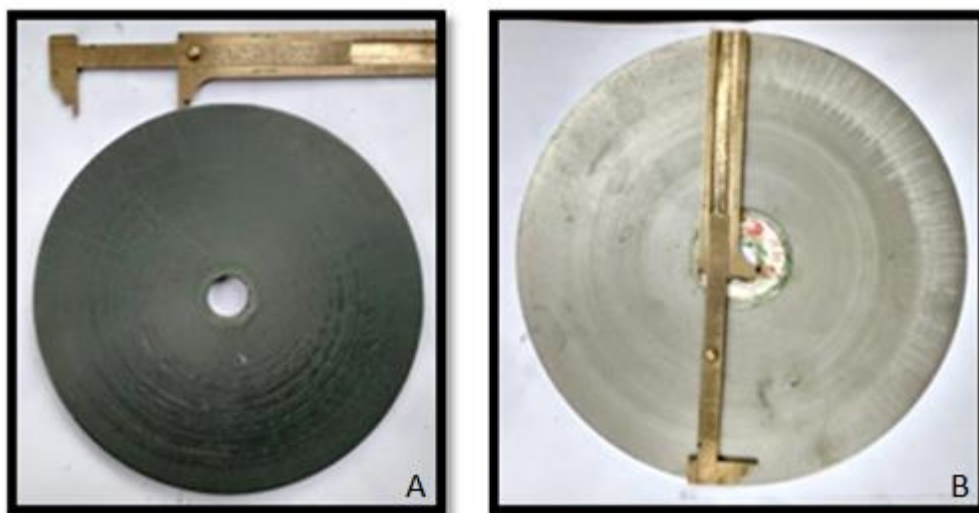
Figura 43 – Pó de Polimento



Fonte: Próprio autor

d) Disco de polimento (liga de chumbo e estanho) Figura 44 A e disco diamantado Figura 44 B grão 600 para o facetamento.

Figura 44 – Discos de Lapidação



Fonte: Próprio autor.

e) Na Figura 45 estão os materiais utilizados para colar a gema. Da esquerda para a direita: Pinça de metal, Dop de metal, Lamparina, Lacre, Isqueiro, Paquímetro;

Figura 45 – Materiais para Colar Minerais



Fonte: Próprio autor.

- f) Etanol (combustível para lamparina);
- g) Água (agente lubrificante);
- h) Inclínômetro mostrado na Figura 46 para o controle digital dos ângulos ;

Figura 46 – Inclínômetro



Fonte: Próprio autor.

i) Ferramenta de planificar a mesa mostrado na Figura 47;

Figura 47 – Cachimbo



Fonte: Próprio autor.

j) Recipiente para a pasta de polimento (vasilha reciclada) e escova de dental (reciclada) usada para passar a pasta no disco estão na Figura 48;

Figura 48 – Escova Dental e Manteigueira



Fonte: Próprio autor.

k) Mascara de proteção N95.

5 ETAPAS DA LAPIDAÇÃO AVANÇADA DAS GEMAS CORADAS

Determinação das Velocidades do Disco de Facetamento

Como não havia informações a respeito do conjunto Catraca Rosa e da mesa de lapidação, foi necessário determinar quais eram as velocidades possíveis de ajustar o disco de facetamento antes do início da lapidação. A Figura 49 mostra o sistema de polias e correias que unem o disco ao motor.

Figura 49 – Sistema de Polias e Correia da Máquina de Lapidar



Fonte: Gemrockauctions, 2021.

Como eixo que suporta os discos de facetamento e polimento está ligado ao motor por um sistema de polias e correias, é possível calcular as velocidades do disco relacionado o diâmetro das polias e velocidade de fábrica do motor através da Fórmula 6 abaixo:

$$\frac{V1}{V2} = \frac{D2}{D1} \quad (6)$$

Onde n_1 = velocidade do motor (V_m), n_2 = velocidade do disco (V_d), D_2 = Diâmetro da polia do disco (D_d), D_1 = Diâmetro da polia do motor (D_m). Desta forma, a Fórmula 6 pode ser reorganizada como:

$$\frac{V_m}{V_d} = \frac{D_d}{D_m} \Leftrightarrow V_d = \frac{V_m D_m}{D_d} \quad (7)$$

Como a velocidade de fábrica do motor é de 1670 rpm, para determinar as demais velocidades ainda é necessário encontrar o diâmetro das polias do motor (D_m) e o diâmetro da polia do disco (D_d). A opção encontrada foi usar a circunferência para se chegar ao diâmetro das polias uma vez que não é possível fazer uma medida direta dos diâmetros. Para isso, foi necessário primeiro medir a circunferência com auxílio de um cordão e régua.

A figura 50 mostra como o cordão foi utilizado e apresenta também a numeração das polias do disco.

Figura 50 – Medindo a Circunferência das Polias



Fonte: Próprio autor.

Os valores medidos estão descritos na Tabela 5. As polias do disco e do motor possuem a mesma circunferência. Mas são dispostas de forma invertida, a menor polia é a 01 e maior e 03.

Tabela 5 – Circunferência das Polias do Disco e do Motor

Polia	Motor	Disco
01	10,5 cm	10,5 cm
02	16,5 cm	16,5 cm
03	23,5 cm	23,5 cm

Fonte: Próprio autor

Como as polias possuem forma circular, podemos determinar seu diâmetro através da manipulação das fórmulas que determinam a circunferência e o diâmetro do círculo. A circunferência é dada por:

$$C = 2\pi R. \quad (8)$$

Onde C = circunferência e R = raio da circunferência. O diâmetro é dado por:

$$D = 2R. \quad (9)$$

Onde R = raio do círculo e o D = diâmetro.

Aplicando a equação 9 na equação 8 teremos:

$$D = \left(\frac{C}{\pi} \right) \quad (10)$$

Aplicando a equação 10 na equação 7, teremos a fórmula final para a determinação das velocidades possíveis para o disco a partir da circunferência essa fórmula é dada por:

$$V_d = \frac{V_m C_m}{C_d} \quad (11)$$

Essa fórmula mostra que se as polias possuírem o mesmo valor de circunferência a velocidade do motor e do disco será a mesma. Quando os valores da circunferência da polia do disco for maior que a polia do motor, a velocidade do disco será menor que a velocidade do motor. Mas se a polia do disco for menor que a polia do motor, a velocidade do disco será maior que a do motor.

Na tabela 6 estão presentes as três posições possíveis para a correia, foi feito o cálculo de velocidade em cada uma.

Tabela 6 – Velocidades do Disco

Posição	Diâmetro da polia motor	Diâmetro polia disco	Velocidade motor	Velocidade do disco
01	10,5 cm	23,5 cm	1670 rpm	746 rpm
02	16,5cm	16,5cm	1670 rpm	1670 rpm
03	23,5 cm	10,5 cm	1670 rpm	3737 rpm

Fonte: Próprio autor

Para os trabalhos de facetamento e pré-formação foi utilizado a velocidade 1670 rpm, a velocidade de 746 rpm para o polimento. A velocidade máxima do disco não foi utilizada, uma vez que gera alta vibração na mesa.

A lapidação facetada é voltada para gemas transparentes (Schumann, 2006). Pode ser aplicada nos seguintes grupos de gemas: “Andaluzita, Apatita, Berilo e suas variedades, Crisoberilo, Corídon, Diopsídio, Epidoto, Espodumênio, Granada, Topázio, Turmalina e variedades, Quartzo e suas variedades” (Spirit; Diniz, 1986). O processo de lapidação de uma gema consiste dos seguintes passos:

- a) Estudo da matéria prima (primeiras análises);
- b) Serragem;
- c) Pré-formação;
- d) Encantamento;
- e) Facetamento;
- f) Polimento;
- g) Descolagem.

Toda a lapidação é feita a úmido nas etapas de pré-formação e facetamento foram usadas cinco gotas de detergente líquido (sabão) para cada litro de água. No polimento a lubrificação foi feita manualmente com auxílio de uma escova de dente quando necessário, nas demais etapas isso é feito através de gotejamento controlado. Para a pré-formação duas gotas por segundo e para o facetamento uma gota a cada dois segundos. Mas esses valores podem variar em função do equipamento e tamanho da gema, mas servem como parâmetro inicial.

Estudo da matéria prima (Primeiras Análises)

Inicialmente foi feito um estudo minucioso da matéria prima em busca de defeitos de ocorrência natural ou aqueles causados na manipulação do material. O estudo bem feito levará ao máximo aproveitamento do peso e da cor e valor. O aproveitamento é em média 20% quando o lapidário é experiente (Spirit; Diniz, 1986).

Nesta fase foram feitas marcações que serviram de referência para a etapa de serragem.

É de suma importância que o lapidador saiba com qual o tipo de mineral irá lapidar, pois daí poderá escolher o diagrama correto através do índice de refração. O

lapidário deve ter em mente durante o estudo da matéria prima as características físicas e ópticas dos minerais já apresentadas neste trabalho. Quando o mineral apresentar defeitos que não podem ser eliminados deve-se planejar de forma que eles sejam posicionados abaixo das facetas da coroa e nunca na região da mesa. As imperfeições nas gemas afetam drasticamente o brilho e o fogo.

Os aprendizes da lapidação devem iniciar com quartzo e suas variedades, isso por ser um mineral com uma boa relação custo benefício. Gemas mais raras e caras devem ser usadas quando o lapidário já dominar a forma que pretende empregar, assim evitará perda financeira, pois a chance de errar um novo corte nas primeiras tentativas é muito grande.

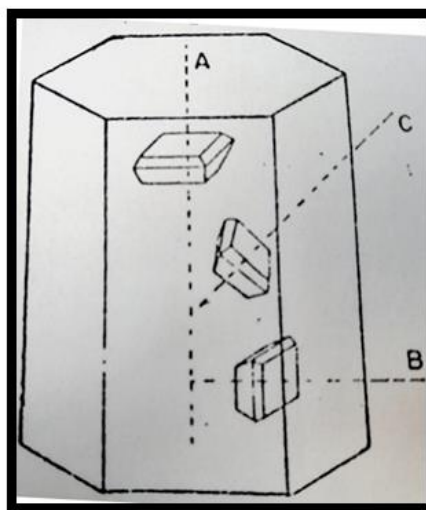
Serragem

Sendo a etapa da serra bem feita à gema já assumirá a forma próxima da desejada o que facilitará o trabalho na pré-formação, a posição da mesa deve ser determinada nesta fase (Spirit; Diniz, 1986; Schumann, 2006; Bolińskir, 1988).

A serra é empregada em gemas que precisam ser divididas em partes menores ou que possuem defeitos que possam ser eliminados. Deve-se atentar às marcações feitas na etapa anterior, pois é na serra que é definido o aproveitamento real da gema. Para os minerais gemológicos que apresentam pleocroísmo, como é o caso da Água Marinha, Turmalinas e Kunzita por exemplo. A cor irá variar muito de acordo com a posição que a mesa ocupará no cristal.

A Figura 51 mostra um cristal de água Marinha (Berilo Azul) e a variação da cor de acordo com a posição da mesa. Na posição A terá uma coloração verde azulada, na posição B terá uma coloração azul pura de qualidade extra, na posição C a cor será um azul impuro esverdeado de segunda qualidade (Spirit; Diniz, 1986; Schumann, 2006; Bolińskir, 1988).

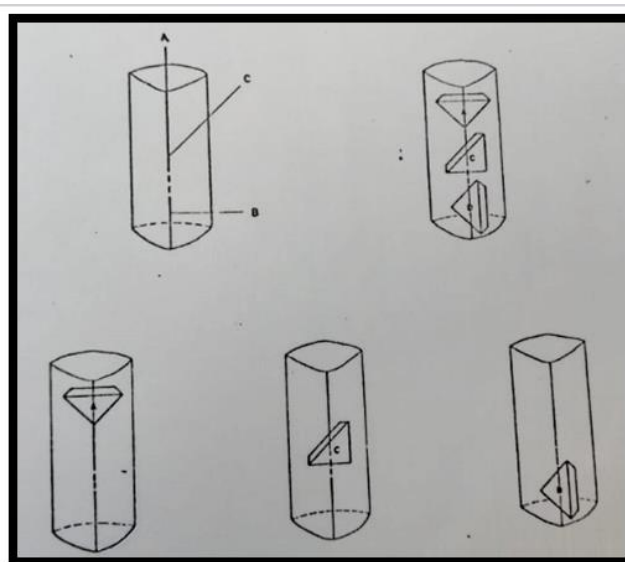
Figura 51 – Cor no Cristal de Água Marinha



Fonte: Spirit; Diniz, 1986.

A Turmalina Figura 52 é conhecida como a gema das mil cores, por isso valem aqui as observações a respeito desta gema. Nas turmalinas de cor escura se a mesa for posicionada na posição A, a gema final terá uma coloração muito escura, na posição B terá duas tonalidades, agora na posição C terá uma tonalidade mais clara (Spirit; Diniz, 1986; Schumann, 2006; (Boliński, 1988).

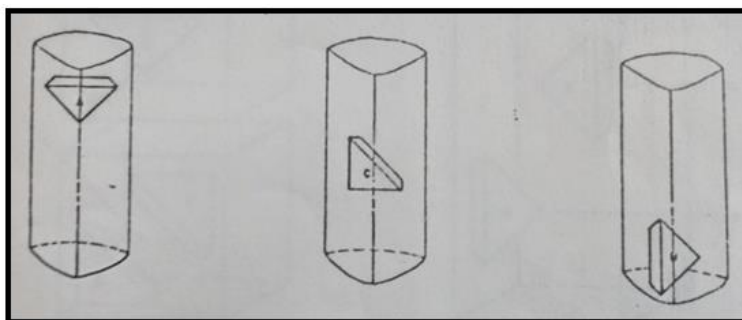
Figura 52 – Cristal de Turmalina de Cor Escura



Fonte: Spirit; Diniz, 1986.

A Figura 53 representa uma turmalina clara, na posição A irá apresentar uma cor mais forte e mais valorizada, em B a cor terá coloração fraca e em C a cor será média clara (Spirit; Diniz, 1986; Schumann, 2006; Boliński, 1988).

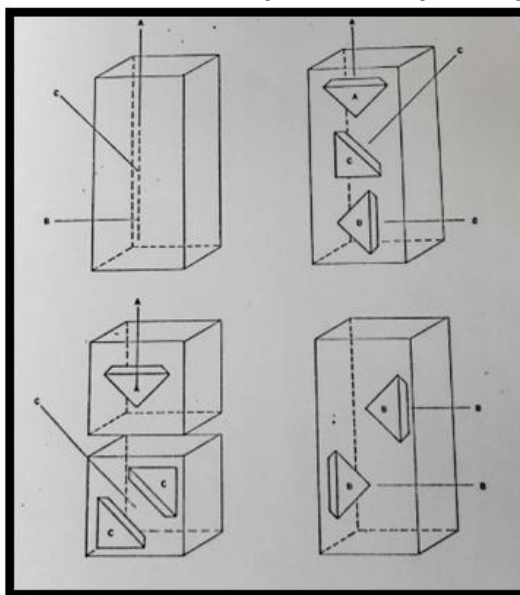
Figura 53 – Cristal de Turmalina de Cor Clara



Fonte: Spirit; Diniz, 1986.

No cristal de espodumênio (kunzita) representado na Figura 54, quando a gema tem a mesa posicionada na posição A terá uma tonalidade melhor e mais intensa, se a mesa tiver na posição B a tonalidade vai ser fraca, na posição C terá uma coloração média fraca. Outra característica muito importante na kunzita é a clivagem perfeita, por isso deve dobrar a atenção para que não quebre durante a lapidação (Spirit; Diniz, 1986; Schumann, 2006; Boliński, 1988).

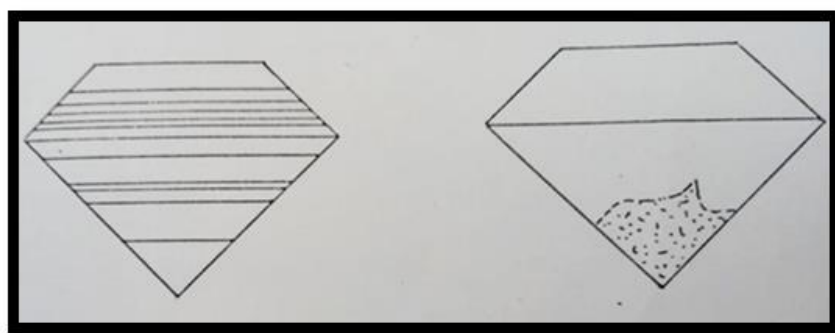
Figura 54 – Cristal de Espodumênio (kunzita)



Fonte: Spirit; Diniz, 1986.

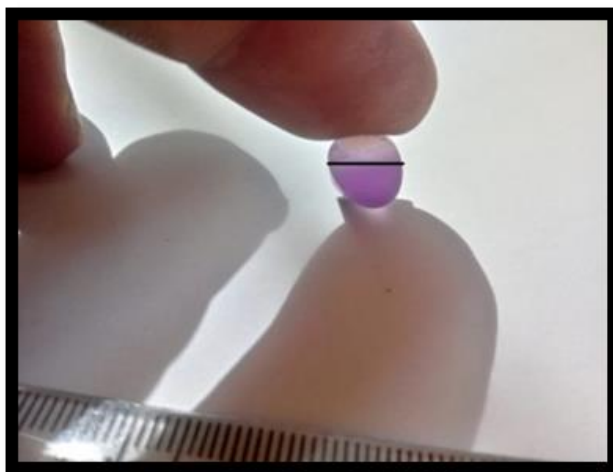
Outras situações em relação à cor que ocorre muito com a Ametista é a presença de faixas de cores intercaladas com outras sem cor Figura 55 ou então, manchas em áreas específicas do cristal. Diante disso, as faixas de cores devem ficar paralelas à mesa. Já as manchas devem ser posicionadas na parte inferior do pavilhão. Esse cuidado ao serrar somado o facetamento nos ângulos corretos permitirá que a cor seja distribuída por toda a gema por meio da reflexão interna total (Spirit; Diniz, 1986; Schumann, 2006; Bolińskir, 1988). A figura 56 mostra como deve ser posicionada a mesa nessas condições.

Figura 55 – Cristal de quartzo (ametista)



Fonte: Spirit; Diniz, 1986

Figura 56 – Posicionamento da mesa em Ametista com cores não uniformes



Fonte: Próprio autor.

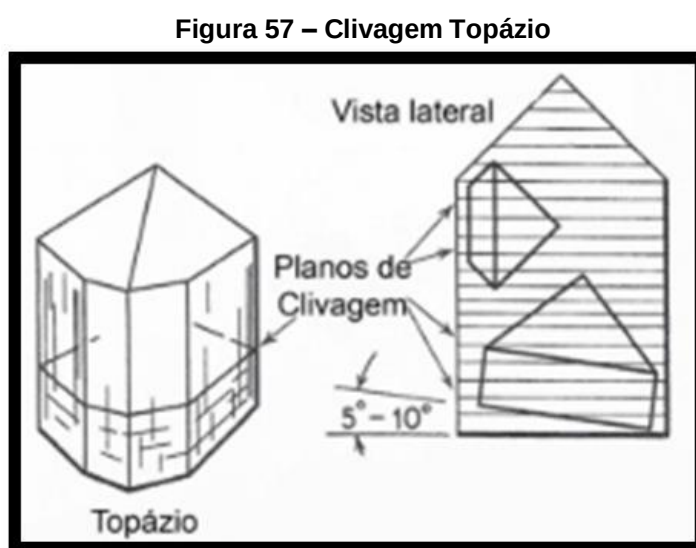
No caso em que não for possível trabalhar a cor utilizando os parâmetros anteriores apresentados, cabe ao lapidador escolher simplesmente por meio da visão a melhor cor, mas saber se a gema possui pleocroísmo é uma grande vantagem na hora de escolher a posição da mesa. Em minerais rolados que são encontradas geralmente opacas é indicado abrir uma ou mais janelas (facetas polidas) para observar melhor a parte interna da gema.

Quando os minerais possuírem clivagem Figura 57 a mesa deve ser posicionada a posicionada de 5° a 10° destes planos ou a 90°.

Mas experiências práticas têm mostrado que valores entre 5° e 15° é um valor que pode ser aplicado. Após determinada a posição da mesa foi feita a pré-formação.

Pré-formação de um Brilhante

Sendo a etapa anterior bem feita à gema já assumira a forma próxima da desejada o que facilitará o trabalho de pré-formação.



Fonte: Spirit; Diniz, 1986.

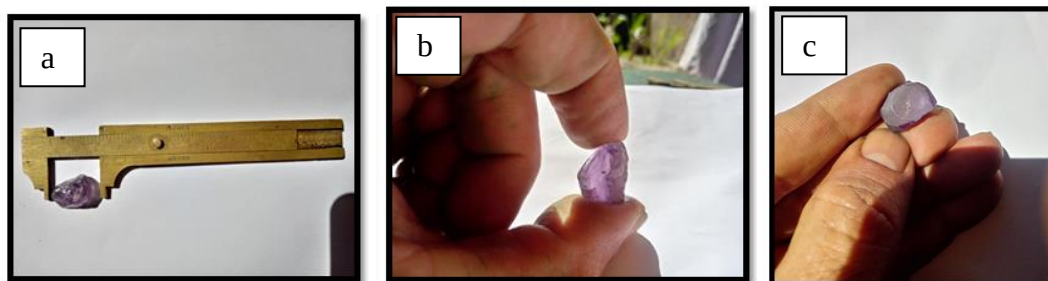
Parte da pré-formação pode ser feita em rebolo circular diamantado, este tipo de rebolo é capaz de trabalhar todas as gemas coradas devido à dureza elevada. Foi feita a pré-forma utilizando a máquina de facetamento todos os trabalhos feitos na máquina de facetamento utilizaram disco diamantado grão #600.

A pré-formação é a etapa em que se definem as proporções da coroa, pavilhão e rondiz. Estes valores estão indicados nos diagramas na forma de proporção. O produto da pré-formação foi a forma semifinal. A gema pré-formada ficou ligeiramente maior que a gema final em todas as suas proporções. Para este trabalho foi considerado 0,1 mm como margem de segurança para o rondiz. Por exemplo:

- a) Para cortar um brilhante de 8.5 mm de diâmetro, foi formado com 8.6 mm;
- b) O brilhante de 12 mm ficou no final da pré-forma com 12,1mm.

Inicialmente planificou-se a região da mesa, com um compasso foi desenhado um círculo perfeito no tamanho desejado conforme ilustra a Figura 58.

Figura 58 – Determinação da circunferência da gema



(a) Medindo a gema (b) Verificando defeitos no cristal (c) Circunferência determinada

Fonte: Próprio autor.

Uma vez determinada o diâmetro da gema foi possível calcular as demais medidas (coroa, mesa, rondiz e pavilhão) seguindo as proporções indicadas no diagrama de lapidação apresentado na Figura 65. A forma como as relações devem ser usadas estão apresentadas a seguir e tem como base uma gema redonda que terá 8.5 mm de diâmetro (W) final:

Temos a relação para determinar o comprimento $WL = 1$ e $W = 8.5mm$, então:

$$\frac{L}{W} = 1 \rightarrow L = 1 * 8.5mm \rightarrow L = 8.5mm \quad (12)$$

Esse valor já era esperado uma vez que a gema redonda tem $L = W$. Para determinar a altura da coroa a relação apresentada é $WC = 0.13$, lembrando que

é $W = 8.5mm$, então:

$$\frac{C}{W} = 0.13 \rightarrow C = 0.13 * 8.5mm \rightarrow C = 1.10mm \quad (13)$$

Para encontrar a altura do pavilhão a relação apresentada é $Wp = 0,435$ continua

valendo o diâmetro final $W = 8.5mm$, desta forma:

$$\frac{P}{W} = 0.435 \rightarrow P = 0.435 * 8.5mm \rightarrow P = 3.69mm$$

(14)

Ainda falta determinar o tamanho da mesa com $W = 8.5mm$. Como a relação para este cálculo é $TW = 0.565$ com esses dados:

$$\frac{T}{W} = 0.565 \rightarrow T = 0.435 * 8.5mm \rightarrow T = 3.69mm$$

(15)

Como as relações T e U com W são iguais então:

$$\frac{P}{W} = 0.565 \rightarrow T = 0.435 * 8.5mm \rightarrow T = 3.69mm$$

(16)

No diagrama não está apresentado a proporção do rondiz (r), mas esse valor dever ser entre 3% e 7% de $w = 8.5mm$. (bolińskir, 1988) Sendo neste caso escolhido a proporção 4% que representa o valor médio, temos assim:

$$\frac{R}{W} = 0.03 \rightarrow R = 0.03 * 8.5mm \rightarrow R = 0.25m$$

(17)

A altura total (h_T) da gema pode ser calculada utilizando a Fórmula 18:

$$h_t = P + C + R \rightarrow h_T = 0.25 + 3.69 + 1.10 = 5.04m$$

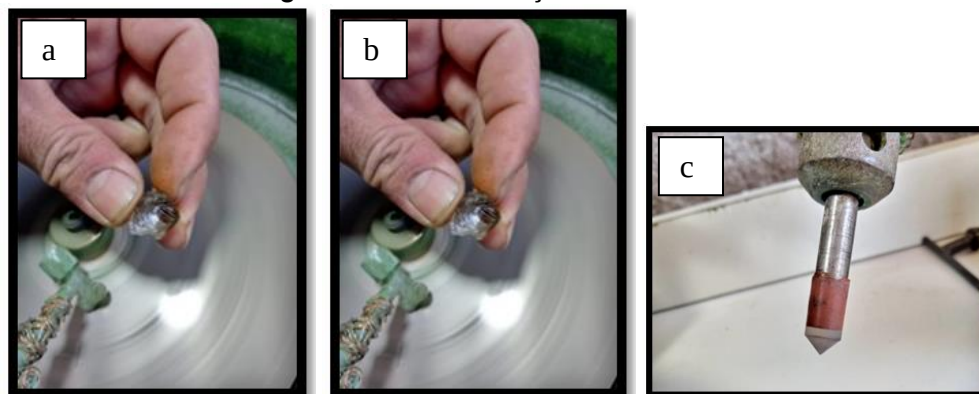
(18)

Com posse dos resultados prosseguiu a pré-formação utilizando somente a mão de início, posteriormente o calibrador respeitando um limite 0,1 mm no rondiz e deixando 0,3mm a mais na altura total. Foi encaixada uma matriz redonda e a gema que estava presa um dop de metal no calibrador, a forma como o mineral foi colado é apresentado no tópico a seguir.

As Figuras 59a, 59b, 59c mostram a sequência da pré-formação de um brilhante. Para calibrar o rondiz o equipamento foi ajustado em 0° e a máquina na velocidade dois para acelerar o corte. A gema foi cortada até ficar com uma cintura com 8.6 mm. Em seguida o calibrador foi ajustado com ângulo de 43° para que fosse pré-formado o pavilhão.

As medidas da gema na pré-forma indicada neste trabalho servem como base para este diagrama, mas não é uma regra. Essa margem pode ser maior ou menor a depender da adaptação do lapidário. O calibrador de gemas é utilizado para o ajuste final nas dimensões da pré-forma, é uma ferramenta facilitadora para os iniciantes na lapidação.

Figura 59 – Pré-formação do Brilhante



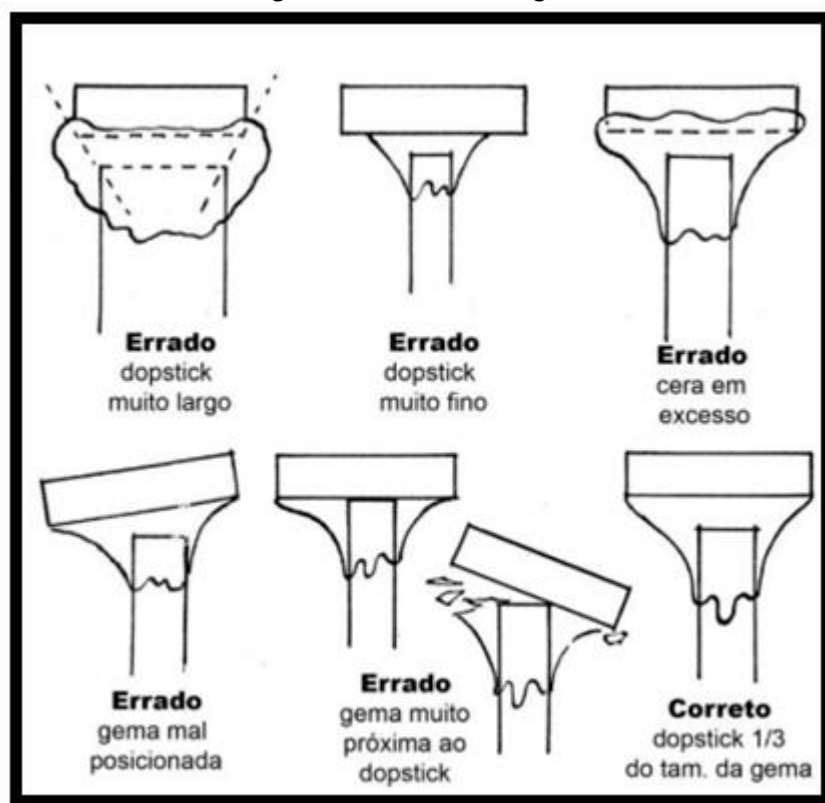
(a) Arredondamento a mão livre (b) Pré-forma no angulador (c) Pavilhão pré-formado Fonte: Próprio autor.

A pré-forma feita na máquina de lapidação é uma alternativa no caso de não possuir o rebolo diamantado nem a serra. É aplicável em gemas que não precisem ser serradas ou desgastadas demasiadamente, caso contrário perderá muito tempo, além de diminuir a vida útil do disco de facetamento.

Encantamento

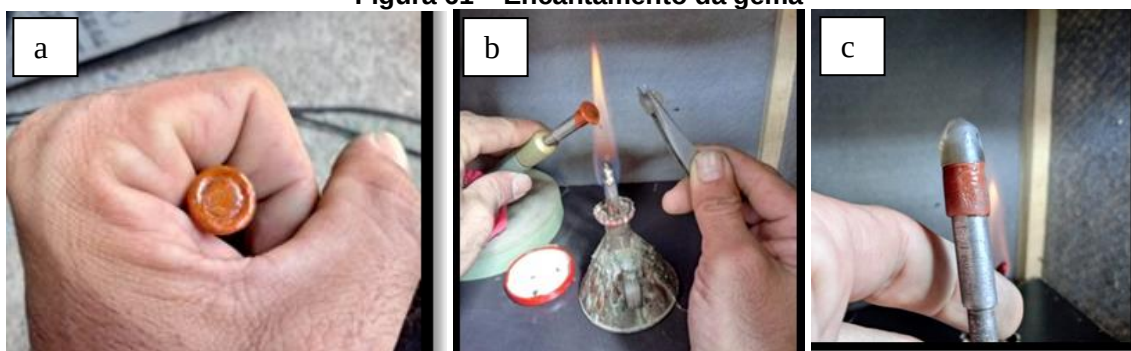
O encantamento é a ação de colar a gema em uma caneta (“dopstick”) de metal ou de madeira utilizando adesiva à base de lacre e goma laca conhecida como lacre ou utilizando supercola. O adesivo usado neste trabalho foi lacre este material ao ser aquecido fica mole e grudento e endurece ao resfriar. Na figura 60 é apresentado a forma correta de se colar a o mineral na caneta e a espessura correta da caneta em relação ao diâmetro do material pré-formado. Já as Figuras na 61a, 61b, 61c é mostrado como foi feito o encantamento do mineral. E a Figura 62 mostra como foi feita a viragem após facetar e polir o pavilhão.

Figura 60 – Colando a gema



Fonte: (Sinkankas, 1984 *apud* Nadur, 2009).

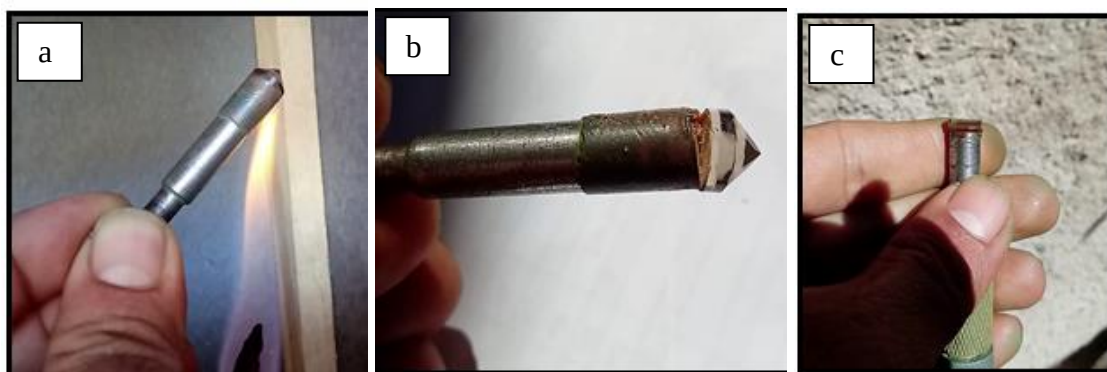
Figura 61 – Encantamento da gema



(a) Preparação da caneta com o lacre (b) Aquecendo o mineral e a cola adesiva (c) Colagem e nivelamento do mineral.

Fonte: Próprio autor.

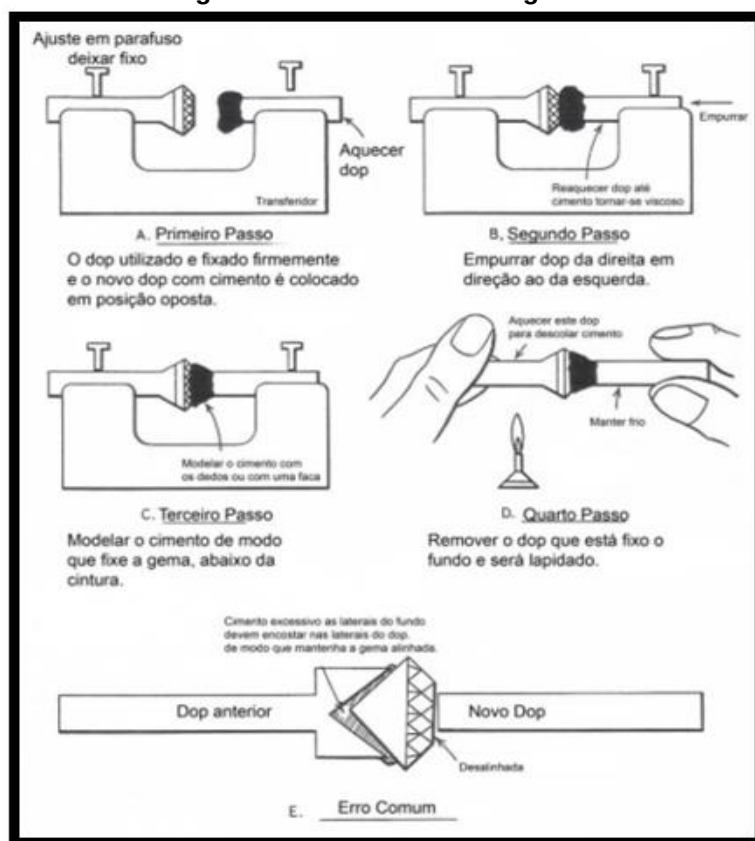
Figura 62 – Virando o Mineral



A esquerda aquecendo (B) ao centro descolando (C) a direita mineral virado.
Fonte: Próprio autor.

Existe no mercado um equipamento chamado de transferidor de gemas que é um facilitador, por que aumenta a precisão neste processo. Este equipamento evita que a gema fique torta após a viragem. A forma como se utiliza é demonstrado na Figura 63.

Figura 63 – Transferidor de gemas



Fonte: (Sinkankas, 1984 *apud* Nadur, 2009).

Facetamento

Uma gema pode ser facetada utilizando diversas técnicas, mas existem duas que são as mais comuns, a *traditional cutting* (corte tradicional) e o *Meet point cut* (corte de um ponto de encontro (Theimage, s.d.).

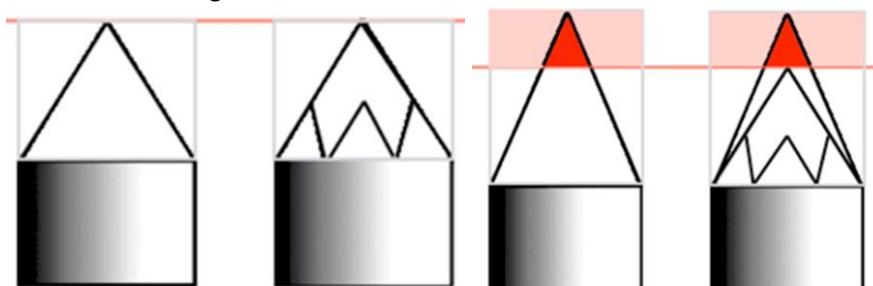
A técnica *traditional cutting* é a mais antiga, foi desenvolvida para diamantes buscando o melhor aproveitamento. O brilhante nesta técnica inicia pela coroa abrindo a mesa, após as facetas principais da coroa 08 facetas, em seguida as facetas estrelas 08 facetas no total, por fim as facetas da cintura que são 16 facetas. Isso significa que todo tempo o lapidário irá tentar combinar dois pontos de encontro a cada faceta (Theimage, s.d.).

Já no *Meet Point Cut* Figura 64b para facetar o mesmo corte ocorre a modificação na ordem de facetamento das facetas em relação ao modelo mais antigo. Neste caso, inicia pelo pavilhão primeiro corta-se 16 facetas da cintura que devem se encontrar na culaça e por último 08 facetas principais do pavilhão (Bolińskir, 1988).

Já a coroa inicia pelas facetas superiores da cintura são 16 faces, após 08 facetas papagaio (principal da coroa), em seguida às 08 facetas estrelas e por fim a mesa. Essa diferença na ordem de corte das facetas faz com que o corte tradicional tenha um maior aproveitamento em relação ao *Meet Point Cut*. Mas o tradicional é considerado mais complexo e mais lento porque o lapidador irá tentar combinar dois pontos ao mesmo tempo a cada faceta.

A Figura 64a a seguir mostra que o corte tradicional perde menos material que o ponto de encontro. Isso ocorre pelo fato de o tamanho do pavilhão ser diretamente proporcional ao tamanho do ângulo. Desta forma ainda ocorre perda de material na última sequência de 08 facetas no *Meet Point Cut*.

Figura 64 – Técnicas de facetamento

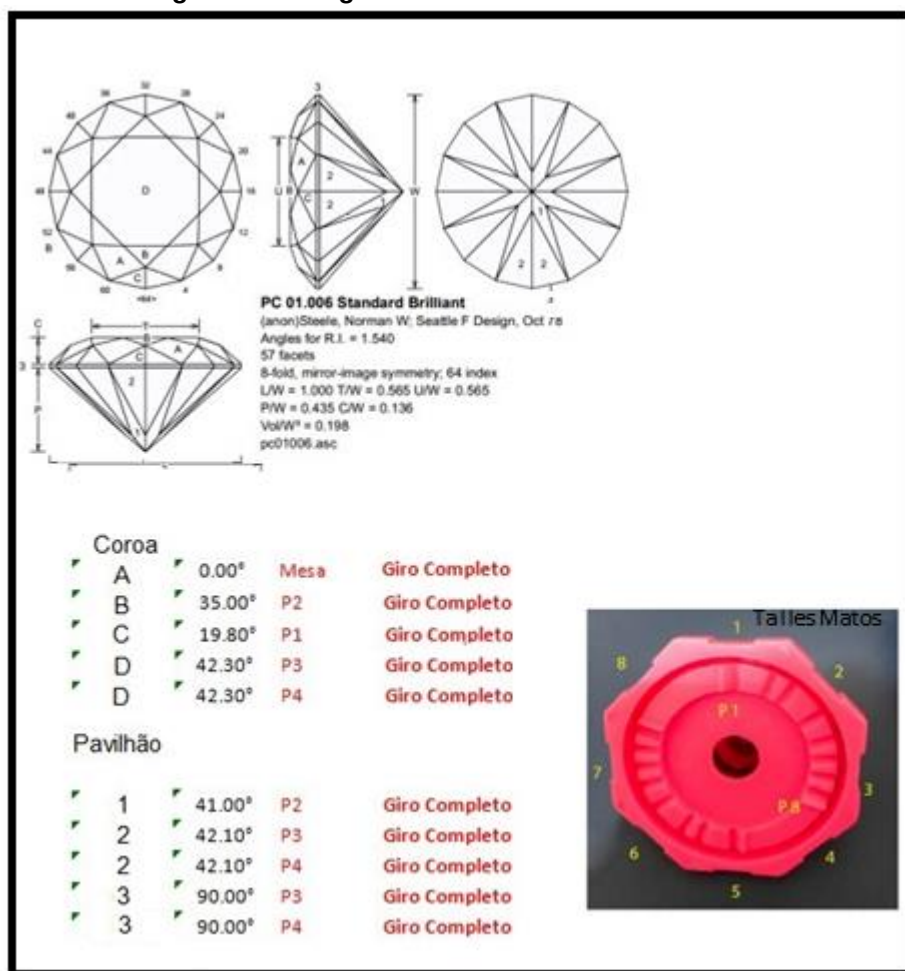


(a) Corte tradicional (b) Corte de um ponto de encontro

Fonte: Adaptado de Theimage, s.d

As lapidações feitas neste trabalho mesclaram as duas técnicas. O modelo *Standart Brilliant* seguiu a técnica *traditional cutting*, Na sequência deste trabalho essa lógica foi empregada no quartzo. O diagrama utilizado está apresentado na Figura 65.

Figura 65 – Diagrama desenvolvido com a técnica



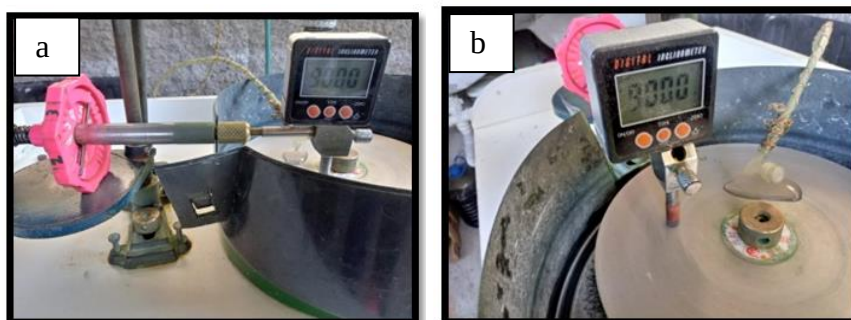
Fonte: Modificado de Sandoval Bezerra da Silva [s.d].

Facetamento da coroa.

Foi usado o cachimbo para facilitar o corte no grau correto conforme demonstra a Figura 66b.

Abrindo a mesa em 0°:

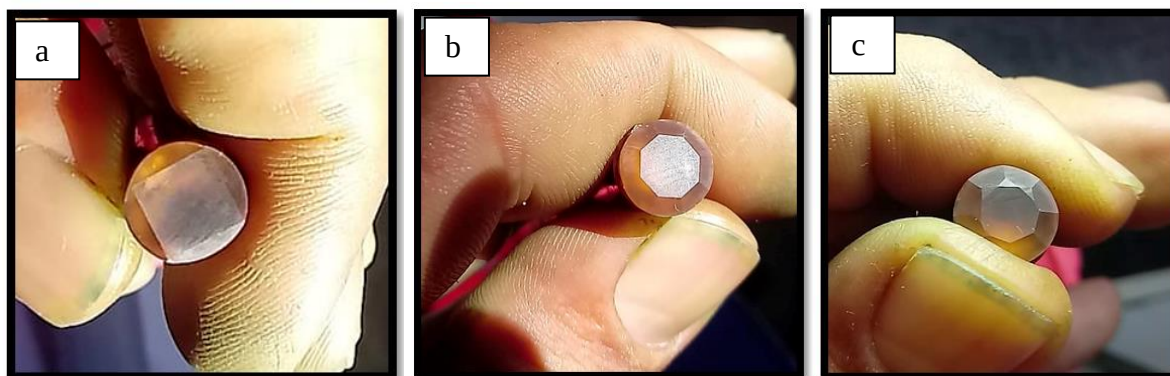
Figura 66 – Facetamento da coroa



(a) Ajuste do ângulo 0° lateralmente (b) Ajuste no Ângulo 0° frontalmente
Fonte: Próprio autor

A Figura 67a mostra o quarteamento as 04 primeiras facetas principais da coroa já cortadas. Na Figura 67b estão as oito facetas principais da coroa e parte das facetas estrelas estão mostradas na Figura 67c.

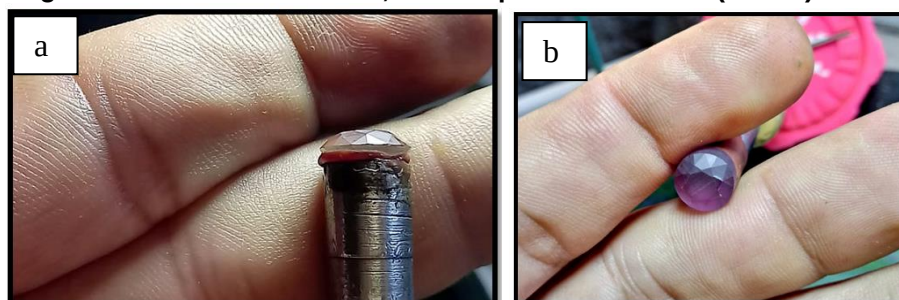
Figura 67 – Facetamento da coroa



(a) Quartear (b) Oitavado (c) Facetas estrelas
Fonte: Próprio autor

As facetas da cintura estão na Figura 68a, na Figura 68b mostra a coroa facetada.

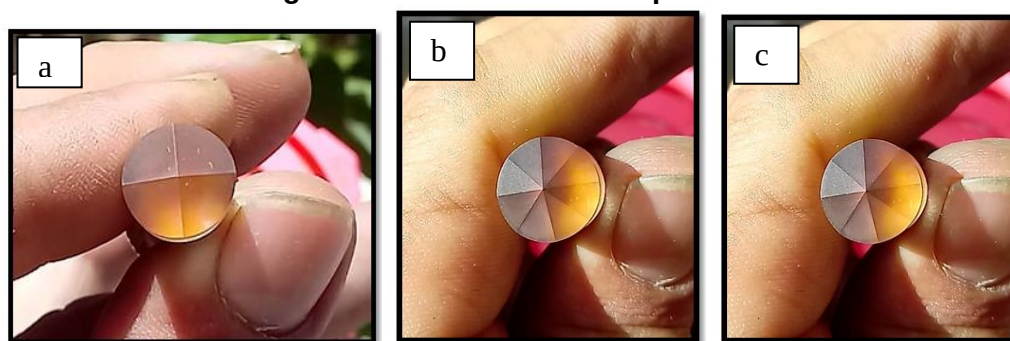
Figura 68 – Facetas da coroa, linha superior da cintura (rondiz) e total



(a) Alifado (b) Coroa totalmente facetada
Fonte: Próprio autor

Após facetar a coroa foi feito o polimento da facetas conforme mostra o capítulo 5.7. Após o polimento da coroa a gema foi virada e o pavilhão foi cortado, as Figuras 69a, 69b, 69c mostra o corte do pavilhão.

Figura 69 – Facetamento da pavilhão



(a) Quarteamento do pavilhão (b) Oitavado (c) Facetas estrelas

Fonte: Próprio autor

Tanto o facetamento quanto a pré-forma foram feitas em disco de grão #600 este tipo de disco quando novo gera facetas com acabamento grosseiro o que torna o polimento extremamente lento.

Mas se o disco já estiver sendo usado por um tempo (amaciado), ele irá melhorar o acabamento das facetas. Por isso, a pré-formação foi feita no disco novo quando o disco se tornou menos agressivo ele pode ser usado para o facetamento.

A maior dificuldade encontrada foi a de garantir o encontro das facetas e a grossura do rondiz por igual. Mas essas barreiras foram diminuídas com o decorrer da prática. Neste processo foi observado que:

- a) Os encontros entre os vértices das quatro facetas feita no quarteamento do pavilhão deve sempre gerar o sinal mais (+) Figura 69a. Ao formar tal figura e as faces possuindo o mesmo tamanho entre o rondiz e a culaça, indica que a culaça ficou posicionada no local certo (no centro da gema). O tamanho das faces foi medido com o paquímetro;
- b) Ao cortar as 08 faces do pavilhão, buscou-se formar um asterisco com os vértices das faces Figura 69c, essa abordagem facilitou a simetria das faces. Como novamente as facetas estavam com o mesmo tamanho após formar o asterisco com oito pontas indicou que o trabalho estava sendo feito de forma correta.

c) Tanto para passar a pasta de polimento como para passar a água no disco de chumbo foi utilizada uma escova de dente. No polimento da mesa foi usado o cachimbo que funcionou como mecanismo facilitador, mas existem lapidários que fazem esta fase segurando a caneta com a mão apenas.

d) Ao formar o brilhante o rondiz ele deve ficar completamente redondo, caso contrário, o lado maior ficará mais fino no final da lapidação.

Polimento

Para um polimento eficiente (espelhamento) o disco deve ser riscado manualmente constantemente isso irá diminuir o gasto com pó de polimento que fica preso entre as ranhuras além de evitar o abaulamento das facetas. Para atingir um bom polimento tem que usar o disco certo com o abrasivo certo com a umidade correta em cada face. Um bom polimento deixa a faceta plana e sem risco quando observado com lupa de 10x. Facetas grandes como é o caso da mesa demora mais para atingir o polimento e requer paciência não é aceitável a mesa com riscos (Spirit; Diniz, 1986).

O polimento consistiu em repetir o processo de facetamento, mas desta vez, o corte retira uma camada superfina da gema eliminando assim apenas pequenos riscos e rugosidades do facetamento, gerando assim uma superfície lisa (polida) que permite a reflexão total da luz que entra na gema (Bolińskir, 1988).

No polimento troca se o disco diamantado por outro feito com algum metal de dureza menor que a gema (ligas de bronze, estanho, chumbo, antimônio), existe também discos feitos com material polimérico. A escolha do disco vai depender de cada tipo de gema (Bolińskir, 1988; Spirit; Diniz, 1986).

Como o disco possui dureza menor que a da gema, ele serve de suporte para os pós de polimento que são os agentes polidores (abrasivos) (Bolińskir, 1988). Um único abrasivo pode ter diversos nomes comerciais, em seguida estão os mais usados no Brasil (Nadur, 2014):

O óxido de alumínio (Al_2O_3) é um abrasivo de dureza 09 na escala de Mohs. Ele pode ser encontrado no mercado com os seguintes nomes: alumina, diamantine, GE6, pó de safira, Linde A, Linde B, entre outros. O pó pode ser branco, avermelhado e azulado (Bolińskir, 1988; Nadur, 2014).

O óxido de cromo (Cr_2O_3) possui dureza entre 8 e 8,5 na escala de Mohs. No mercado é encontrado como: pó verde, cromo verde, cromo ou óxido de cromo verde, é fortemente esverdeado. Sua granulometria normalmente não é uniforme e, em alguns países, é considerado tóxico quando inalado (Boliński, 1988; Nadur, 2014).

O carbono (diamante) possui dureza 10 na escala de Mohs. Ele pode ser comprado no mercado como pó de diamante, diamantado; possui coloração cinza claro, amarelo claro ou branco; possui enorme variação granulométrica. É comercializado em pó ou em pasta (Boliński, 1988; Nadur, 2014).

Óxido de cério (CeO_2) possui dureza 09 pode ser encontrado como óxido de cério, óxido cérico ou dióxido de cério é um óxido de metal raro e pode ser branco ou amarelado (Boliński, 1988; Nadur, 2014).

Diante de tantas opções foram feitas em 2014 diversas análises utilizando tecnologia de ponta comparando o polimento no Brasil e na Alemanha. Foi utilizado o óxido de alumínio (Al_2O_3) e o óxido de cromo (Cr_2O_3) combinado com o uso de diferentes agentes lubrificantes (Nadur, 2014).

Segundo Nadur (2014):

Para as amostras de quartzo o melhor resultado foi com GE6, disco de chumbo e estanho, água e sabão. Para o espodumênio dois polimentos adequados e semelhantes, sendo eles variantes de óxido de alumínio, Diamantine com disco de chumbo e estanho, água e limão e GE6, disco de chumbo e estanho, água e sabão. Para as amostras de turmalina, o polimento com óxido de cério e também com óxido de alumínio, no Brasil. Para as amostras de berilo, o polimento adequado foi usando o óxido de alumínio comum tanto no Brasil, quanto na Alemanha. As superfícies das amostras de topázio mostraram melhor superfície com óxido de alumínio (Brasil), Diamantine, disco de chumbo e estanho, água e limão e GE6 com lubrificante de água e sabão. Para as amostras de granada o polimento com óxido de cromo ou óxido de alumínio mostraram-se adequados (Nadur, 2014, p. 1 30).

Também foram feitos testes usando somente a água como agente lubrificante. A partir desta perspectiva Nadur (2014) confirma que:

(...) o material para o polimento da granada é o óxido de alumínio, água e disco de liga de chumbo e estanho. (...) o melhor material para o polimento do topázio é o óxido de alumínio com água e disco de estanho. (...) o melhor material para o polimento do berilo é o óxido de alumínio com água e disco de liga de chumbo e estanho. (...) o melhor material para o polimento para a turmalina é o óxido de alumínio com água e disco de liga de chumbo e estanho. (...) o melhor material para o polimento do espodumênio é o óxido de alumínio com água e disco de liga de chumbo e estanho. (...) o melhor material para o polimento do quartzo é o óxido de cério com granulometria

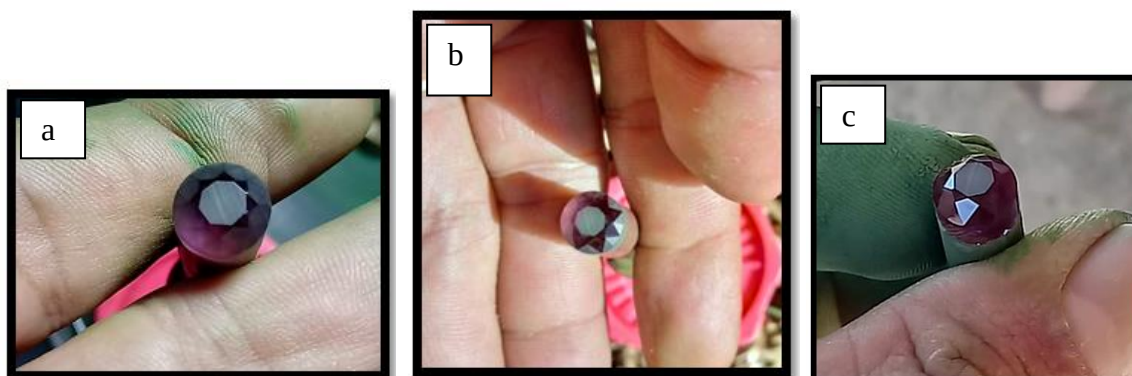
com média variável entre 2,259µm, disco de liga de chumbo e estanho e água como lubrificante (Nadur, 2014, p. 172).

Existem no mercado discos de polimento que não utilizam pó de polimento. Neste trabalho foi utilizado disco de estanho e chumbo.

A máquina foi ajustada na menor velocidade, pois o polimento deve ser feito em baixa rotação. Em uma vasilha foi preparada a pasta de polimento na proporção de uma colher de pó verde e duas de água e uma de condicionador de cabelo. Em outra vasilha foi colocado água e gotas de detergente para a lubrificação do disco. O polimento não pode ser feito com disco seco.

As facetas estrelas foram as primeiras a serem polidas, posteriormente as facetas principais da coroa, as facetas superiores da cintura e por fim, a mesa com auxílio do calibrador. Essa fase está sendo mostrada nas figuras 70a, 70b e 70c, a coroa toda polida está na Figura 71.

Figura 70 – Polimento coroa



(a) Estrelas polidas (b) Facetas principais da coroa polidas
(c) facetas superiores da cintura polidas

Fonte: Próprio autor

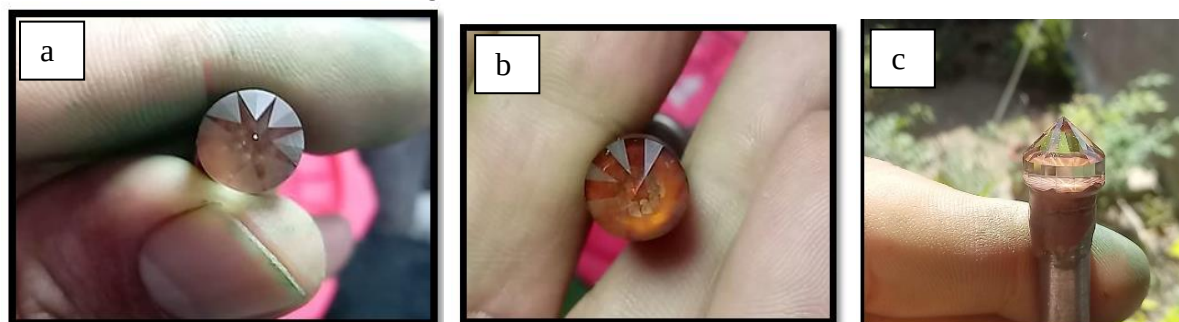
Figura 71 – Coroa polida



Fonte: Próprio autor.

No pavilhão primeiro foram polidas as facetas principais e em seguida as facetas inferiores da cintura e por fim, as facetas do rondiz. As figuras 72a, 72b e 72c apresentam essa fase do trabalho.

Figura 72 – Polimento Pavilhão



(a) Facetas principais do pavilhão (b) Facetas principais da coroa polidas
(c) facetas superiores da cintura e do rondiz polidas
Fonte: Próprio autor.

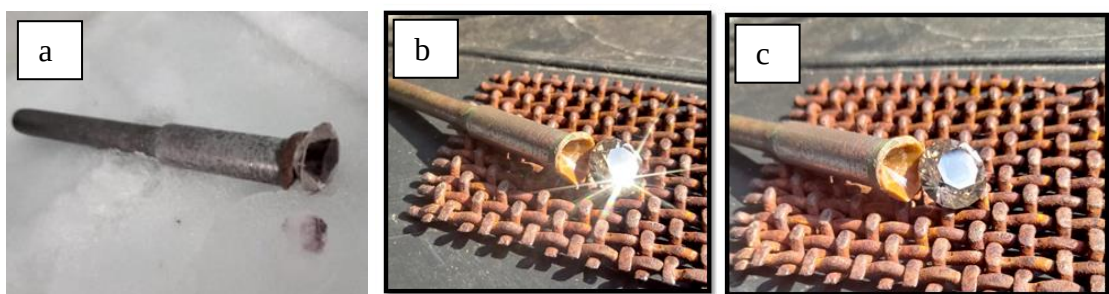
Cabe salientar que não tem uma receita infalível pronta para o polimento, pois existe uma grande variedade de equipamentos inclusive discos que não utiliza pó de polimento. Outro fato a ressaltar é que o óxido de cromo é proibido na Alemanha é considerado tóxico por isso seu uso não é indicado. Apesar disso ele utilizado neste trabalho por ser o único disponível e como medida de controle foi usada mascara de proteção N95 em todas as etapas da lapidação.

Descolamento

Nesta fase que está apresentada nas Figuras 74a, 74b, 74c a caneta contendo a gema foi colocada no congelador da geladeira por aproximadamente 5 minutos, mas poderia ter sido em água com gelo. Como a gema não descolou foi necessário forçar a gema para que ela desgrudasse. (Spirit; Diniz, 1986).

A limpeza final da gema foi feita com álcool e tecido que não solta fiapos. As gemas lapidadas ficaram separadas uma das outras para evitar danos. Gemas devem ser guardadas em envelopes de papel, plástico bolha entre outros. O importante na escolha da embalagem é que ela proteja a gema de contato com outras e evite impactos quaisquer. A Figura 74 mostra várias gemas lapidadas neste trabalho.

Figura 73 – Descolamento da Gema



(a) Gema no congelador de uma geladeira residencial
(b) Gema descolada exibindo fogo (c) Gema descolada

Fonte: Próprio autor

Figura 74 – Gemas Coradas



Fonte: Próprio autor.

CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou um levantamento histórico cultural sobre a lapidação. Mostrou como se desenvolveram os principais modelos de poliedros de lapidação, mostrou também que a evolução dos modelos dos poliedros para as gemas coradas seguiu caminho diferente da lapidação de diamantes devido à diferença no hábito dos cristais dos diferentes minerais, além dos parâmetros Ópticos.

Através da análise histórica da lapidação no Brasil foi visto que a profissão pouco se desenvolveu no país por falta de incentivo do poder público e a constante marginalização da profissão desde sua chegada ao país. Tais fatores impactaram no avanço tecnológico dos equipamentos fabricados no País, isso aumenta o custo dos equipamentos. Esses avanços são essenciais para uma boa utilização dos parâmetros ópticos dos minerais e para a produção de gemas de alto padrão.

Diante dos resultados obtidos na parte prática foram observadas algumas dificuldades, todas as soluções levaram a entender que a pressa é a maior inimiga do lapidador, uma etapa mal feita nem sempre pode ser corrigida, e quando pode o peso que se perde pode gerar prejuízos.

O lapidário deve buscar compreender a fundo as informações mostradas nos diagramas de lapidação, após dominar esta fase ele terá aperfeiçoado a visão tridimensional que facilitará o aperfeiçoamento da técnica e conhecerá o mineral que estará trabalhando.

O calibrador é extremamente útil para quem está iniciando na lapidação funciona como uma ferramenta facilitadora. Ele permite uma maior precisão no corte da região da cintura, o que facilita as demais fases da lapidação, mais não é determinante para uma boa lapidação.

A evolução maior na busca da simetria entre as faces ocorreu ao observar os vértices durante o facetamento, ver um asterisco é mais efetivo que tentar comparar o tamanho entre as faces no olho a cada corte. Essa mudança na forma de se observar o mineral que está sendo lapidado funciona como elemento facilitador no processo de aprendizagem da lapidação.

A Catraca Rosa mostrou-se mais eficiente para gemas redondas e pouco eficiente para gemas quadradas e retangulares lapidadas em degraus. Lapidar uma gema requer tempo para aperfeiçoar a técnica, por isso, acredita-se que não seja conveniente investir em cursos e equipamentos caros na esperança de um lucro alto e rápido. É aconselhado que os interessados nesta arte devam primeiramente dominar a técnica em equipamentos de menor valor e posteriormente fazer maiores investimentos. Vender uma gema pode ser mais difícil que lapidar, e melhor ter cliente e não ter gema que ter gema não ter cliente.

Houve uma grande dificuldade de encontrar informações sobre o tema é necessário que se desenvolvam materiais didáticos para serem disponibilizados gratuitamente com a temática Lapidação. Independente do tipo de máquina, lapidar é cortar de forma cada vez menos agressiva uma superfície. Desta forma, o lapidário conseguirá adaptar tal conhecimento aos vários modelos de máquinas existentes.

Por fim, este trabalho foi capaz de determinar metodologia para as máquinas que estão no Laboratório de Gemologia e Lapidação da UFVJM, uma vez que as barreiras impostas pela junção da bancada de lapidação com o mecanismo Catraca

Rosa foram transpostas. Como os resultados deste trabalho ficarão disponíveis no Laboratório de Gemologia e Lapidação da UFVJM, este trabalho foi capaz de contribuir minimamente com o ensino da profissão no Brasil.

REFERÊNCIAS

ALIEXPRESS. **Máquina de alta precisão**. 2021. Disponível em: https://pt.aliexpress.com/item/1005003003779196.html?src=google&memo1=freelisti nq&aff_fcid=7f7d42a5f6dd4607a3fb8d349ee71362163103054936703784UneMJZVf &aff_fsk=UneMJZVf&aff_platform=aaf&sk=UneMJZVf&aff_trace_key=7f7d42a5f6dd4 607a3fb8d349ee71362163103054936703784UneMJZVf&terminal_id=5c86dda1d725 4f0592353c5893aa7403. Acesso em: 05 Jun. 2021.

ASPAHAN, S. A. **Máquina de Lapidação por controle numérico computadorizado (CNC): Inovação Tecnológica para Beneficiamento de Gemas, Vidros e Minerais para as indústrias de Lapidação, Joalheria e Bijuteria**. Monografia (Especialização em Design de Gemas e Jóias) - Universidade Estadual de Minas Gerais, 2008.

BOLIŃSKI R, K. **Obróbka kamieni jubilerskich i ozdobnych**. [S.l.]: Biuro Wydawnictw HWiU "Libra, 1988.

CASTRO, S. M. M. F. d. **Gemas e camafeus da época moderna do Museu Nacional Soares dos Reis**. Dissertação (Mestrado em Mestrado em Estudos Clássicos) - Universidade de Coimbra, 2013.

CHVÁTAL, M. **Mineralogia para principiantes: Cristalografia**. [S.l.]: Sociedade Brasileira de Geologia, 2007.

CRICHIGNO FILHO, J. M. **Simulação numérica do processo de lapidação plana como ferramenta para otimização do processo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1994.

ELAWAR, K. **Gems of Minas**. [S.l.]: Teófilo Otoni, 1989.

GERMOCKAUCTIONS. **Proporção L/W**. 2021. Disponível em: www.gemrockauctions.com/learn/technicalinformationongemstones/lwratioforgemcutt ingwhatisitandhowtousei. Acesso em: 02 Jan. 2021.

HALLIDAY, D.; ROBERT, D.; JEAR, R.; WALKER. **Fundamento de Física**. [S.l.]: Rio de Janeiro: LTC, 2009. v. 4.

HINRICHS, R. **Técnicas instrumentais não destrutivas aplicadas a gemas do Rio Grande do Sul**. [S.l.]: IGeo/UFRGS, 2014.

HURLBURT C. S. JR., K. **Introduction to lapidary**. [S.l.]: WileyInterscience Publications, 1991.

INSTITUTO FEDERAL DE SÃO PAULO. **Tecnologia CNC**. 2021. Disponível em: <https://www.arq.ifsp.edu.br/laboratorios/laboratoriosdaiindustria/laboratoriodecomandonumericocomputadorizadocnc>. Acesso em: 10 Jun. 2021.

KRAUS, P. D. **Introduction to lapidary**. [S.l.]: Krause Publications Craft, 1987.

KUNZ, S. A brief review of gemstone optical properties from a lapidary's perspective. **Gemmology Canadá**. 11f, 2000.

LAPIDART. **Lapdart Tecnologia em Lapidação**. 2021. Disponível em: https://www.lapidart.com.br/new/home/index.php?lingua_principal. Acesso em: 05 Jun. 2021.

MARTINS FILHO, L. S.; MOL, A. A.; ROCHA, R. Desenvolvimento de ferramenta computacional para auxílio ao projeto de gemas lapidadas. **Rem: Revista Escola de Minas**, v. 58, n. 4, p. 367–373, 2005.

MARTINS, M. L. A crise dos negócios do diamante e as respostas dos homens de fortuna no alto jequitinhonha, décadas de 1870-1890. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 38, p. 611–638, 2008.

MATOS, D. G. G. de; FERNANDES, G. W. R.; COELHO, B. A. L. Implicações da Neuroeducação para a educação científica a partir de uma oficina de paleontologia no ensino fundamental. **Experiências em Ensino de Ciências** v.14, n.3, 2019.

MOL, A. A. **Estudo de ferramenta computacional para análise de parâmetros em gemas lapidadas: quartzo hialino**. 2004. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Ouro Preto, 2004.

MOL, A. A. **Panorama do desenvolvimento da lapidação de gemas em Minas Gerais**. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) — Universidade do Estado de Minas Gerais, 2002.

MUSEU HEINZ EBERT. **Museu de Minerais, Minérios e Rochas Heinz Ebert**. 2020. Disponível em: <museuhe.com.br/minerais>. Acesso em: 29 nov. 2020.

NADUR, A. V. **A lapidação de gemas no panorama brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Mineralogia e Petrologia) — Universidade de São Paulo, 2009.

NADUR, A. V. **O design de gemas através dos enfoques: Mineralogia, Tribologia e Design**. Tese (Doutorado em Mineralogia e Petrologia) — Universidade de São Paulo, 2014.

NARDY, A.; MACHADO, F.; ZANARDO, A.; GALEMBECK, T. Mineralogía Óptica de Cristais Transparentes: Parte prática. **Editora Cultura Acadêmica**, 2009.

NEVES, C. C.; REZENDE, S. *et al.* Aspectos sociodemográficos do município de diamantina na transição da atividade mineradora para as atividades turística e educacional. **Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG**, 2006.

OLIVEIRA, M. M. d. **Como fazer pesquisa qualitativa Recife**: Ed. [S.l.]: Bagaço, 2005.

PAGELTHEISEN, V. **Diamond Grading ABC: Handbook for Diamond Grading: Quality, Evaluation of Colour, Clarity, Cut and Weight with 450 Illustrations and 5 Tables, Diamond Imitations**. [S.l.: s.n.], 1990.

RABELLO, D. Os diamantes do Brasil: na regência de Dom João, 1792-1816: um estudo de dependência externa. [S.l.]: **Arte & Ciência**, v. 19.

READ, G. P. **Gemmology**. [S.l.]: utterworthHeinemann Ltd., 1991.

SANTOS, F. M. d. A ourivesaria no Brasil antigo. **Estudos Brasileiros, Estudos Brasileiros**, v. 4, n. 12, p. 625-662, 1940.

SCHUMANN, W. **Gemas do Mundo**. Editora Disal, 9ª. Ed., São Paulo, 2006.

SEVERO, G. **Projeto 3d gemas**: Desenvolvimento do protótipo de interface gráfica de usuário para *software* Cadgemas. 73 f. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade de Passo Fundo. Rio Grande do Sul. 2008

SECRETÁRIA EXECUTIVA DE CIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE. **Gemas em Destaque**. Programa Paraense Tecnologia, Belém: SECTAM/SEICOM, 2003. Disponível em: [https://www.semas.pa.gov.br/download/cartilha%20de%20gemas%20final%20\(gr%C3%A1fica\).pdf](https://www.semas.pa.gov.br/download/cartilha%20de%20gemas%20final%20(gr%C3%A1fica).pdf) Acesso em: 31 DEZ. 2020.

SILVA, F. A. F. da; MENDES, J. C. P.; PEREIRA, R. S. Relatório Técnico 56 Perfil de Gemas (Diamante e Gemas de Cor). **Brasília: Ministério de Minas e Energia**, 2009.

SINKANKAS, J. **Gem cutting: a lapidary's manual**. [S.l.]: Van Nostrand Reinhold, 1984.

SPIRIT, B.; DINIZ, C. W. Curso de Lapidação. **Secretária de Estado de Minas e Energia Metais de Minas Gerais S. A. METAMIG**. Prefeitura Municipal de Teófilo Otoni, 1986.

THEIMAGE. **Técnicas de Facetamento**. s.d. Disponível em: <www.theimage.com/faceting/facet14a.htm>. Acesso em: 31 Jan. 2020.

ULTRATEC. **Máquina de alta precisão**. 2021. Disponível em: <https://www.ultratec-facet.com/product/ultra-tec-vi>. Acesso em: 04 Jun. 2021.

VALLADARES, J. G. As artes plásticas no Brasil, Ourivesaria. Coleção Brasileira de Ouro. **Coleção Brasileira de Ouro**, 1952.

WEBSTER, R. Alguns problemas dos diamantes. **Revista Gemologia, Associação Brasileira de Gemologia**, 1960.

WLASH, R. **Notices of brazil**. 1930.

ZANATTA, A. L.; POSTAL, A.; SILVA, J. T. da; BRUSSO, M. J.; HARTMANN, L. A. Geração dos diagramas de execução de modelos de lapidação de gemas. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, v. 2, n. 1, p. 69–78, 2010.

Processo de Avaliação por Pares: (*Blind Review* - Análise do Texto Anônimo)

Revista Científica Vozes dos Vales - UFVJM - Minas Gerais - Brasil

www.ufvjm.edu.br/vozes

QUALIS/CAPES - LATINDEX: 22524

ISSN: 2238-6424