

**Arranjo Produtivo Local -APL de base mineral: Estudo da Cadeia de Suprimentos da
Opala de Pedro II- PI**

**Local Productive Arrangement – LPA mineral-based: Supply Chain Study of Opala de
Pedro II- PI**

**Arreglo Productivo Local - APL de base mineral: Estudio de la Cadena de Suministro
del Opala de Pedro II- PI**

Recebido: 24/05/2020 | Revisado: 24/05/2020 | Aceito: 12/06/2020 | Publicado: 25/06/2020

Linarydy de Moura Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3396-8080>

Universidade Paulista, Brasil

E-mail: linarydy_moura@hotmail.com

Pedro Luiz de Oliveira Costa Neto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6987-2996>

Universidade Paulista, Brasil

E-mail: linarydy_moura@hotmail.com

Samuel Campelo Dias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4357-515X>

Universidade Federal do Piauí, Brasil

E-mail: samuel.c.dias@hotmail.com

Francisca das Chagas Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6262-9125>

Instituto Federal do Piauí, Brasil

E-mail: francisca.mat@hotmail.com

Resumo

A indústria de mineração constitui peça-chave para as estratégias econômicas e o desenvolvimento de um estado. O Brasil tem uma riqueza mineral expressiva, na qual prevalece a mineração de pequena escala, contribuindo para a superação da pobreza nas regiões onde ocorrem as jazidas, mediante geração de renda, empregos e encadeamento com outras atividades produtivas locais. No entanto, tal atividade é caracterizada pela informalidade e pela precariedade em termos de qualificação profissional dos mineradores e das condições tecnológicas de extração, beneficiamento, lapidação, transformação e

comercialização. Para melhorar as condições locais de extração e comercialização, as empresas envolvidas se organizam em APL (Arranjo Produtivo Local), um conjunto de atores econômicos, políticos e sociais, localizados em uma mesma região, desenvolvendo atividades produtivas especializadas em um determinado setor e que apresentam vínculos expressivos de produção, interação, cooperação e aprendizagem. O presente estudo tem como objetivo apresentar a cadeia de suprimentos da opala, um dos minérios mais apreciados em todo o mundo por sua beleza singular e raridade, especialmente quando apresentam jogos de cores, o que torna o seu valor comercial ainda maior. A pesquisa se caracteriza por ser exploratória e descritiva. Pode-se também ser caracterizado como um estudo de caso com enfoque qualitativo na cadeia de suprimentos da opala, elemento principal do referido APL de base mineral. Concluiu-se que a cadeia apresenta vários gargalos, dentre eles a falta de implantação de técnicas inovadoras, um processo ainda rudimentar e artesanal, a falta de investimentos e patrocínios, o que causa desestruturação da cadeia, além da desvalorização das gemas.

Palavras-chave: APL; Gemas; Opala; Pedro II - Piauí.

Abstract

The mining industry is a key part of economic strategies and the development of a state. Brazil has a significant mineral wealth, in which small-scale mining prevails, contributing to overcoming poverty in the regions where the deposits take place, by generating income, jobs and chaining with other local productive activities. However, such activity is characterized by informality and precariousness in terms of professional qualification of miners and technological conditions of extraction, processing, lapidation, transformation and commercialization. To improve local extraction and commercialization conditions, the companies involved are organized in LPA (Local Productive Arrangement), a group of economic, political and social actors, located in the same region, developing productive activities specialized in a certain sector and that present expressive links of production, interaction, cooperation and learning. This study aims to present the opal supply chain, one of the most appreciated minerals in the world for its singular beauty and rarity, especially when they present color games, which makes their commercial value even greater. The research is characterized for being exploratory and descriptive. It can also be characterized as a case study with a qualitative focus on the supply chain of opal, the main element of the aforementioned mineral-based LPA. It was concluded that the chain presents several bottlenecks, among them the lack of implementation of innovative techniques, a process still

rudimentary and artisanal, the lack of investment and sponsorship, which causes destructuring of the chain, besides the devaluation of the gems.

Keywords: LPA; Gems; Opala; Pedro II - Piauí.

Resumen

La industria minera es una parte clave de las estrategias económicas y del desarrollo de un Estado. El Brasil tiene una importante riqueza mineral, en la que predomina la minería en pequeña escala, que contribuye a superar la pobreza en las regiones donde se encuentran los yacimientos, mediante la generación de ingresos, empleos y el encadenamiento con otras actividades productivas locales. Sin embargo, esa actividad se caracteriza por la informalidad y la precariedad en cuanto a la calificación profesional de los mineros y las condiciones tecnológicas de extracción, elaboración, lapidación, transformación y comercialización. Para mejorar las condiciones locales de extracción y comercialización, las empresas involucradas se organizan en APL (Arreglo Productivo Local), un grupo de actores económicos, políticos y sociales, ubicados en la misma región, que desarrollan actividades productivas especializadas en un determinado sector y que presentan expresivos vínculos de producción, interacción, cooperación y aprendizaje. Este estudio tiene como objetivo presentar la cadena de suministro del ópalo, uno de los minerales más apreciados en el mundo por su singular belleza y rareza, especialmente cuando presentan juegos de colores, lo que hace que su valor comercial sea aún mayor. La investigación se caracteriza por ser exploratoria y descriptiva. También se puede caracterizar como un estudio de caso centrado cualitativamente en la cadena de suministro del ópalo, el elemento principal de la APL de base mineral antes mencionada. Se concluyó que la cadena presenta varios cuellos de botella, entre ellos la falta de aplicación de técnicas innovadoras, un proceso todavía rudimentario y artesanal, la falta de inversión y de patrocinio, lo que provoca la desestructuración de la cadena, además de la devaluación de las gemas.

Palabras clave: APL; Gemas; Opala; Pedro II - Piauí.

1. Introdução

A constante necessidade de recursos naturais para o tão cobiçado crescimento econômico dos países e a preocupação com a escassez dos mesmos estimulam várias sociedades a inovarem no seu modo de exploração. Isso passou a ocorrer quando se aliaram a referida necessidade de crescimento econômico às políticas públicas de desenvolvimento

regional e o cumprimento da legislação ambiental para mitigar os problemas relacionados às atividades de extração desordenada e informal ou com baixo nível de fiscalização pelos órgãos responsáveis (Latres & Cassiolato, 2003).

A mineração é uma atividade fundamental para o conforto e o progresso das civilizações, por ser imprescindível para a produção e manutenção de ferramentas, utensílios, construção de moradias, saneamento básico, transporte, comunicação, geração e transmissão de energia, serviços de medicina, tecnologia de ponta e agricultura (Dias, 1999; Tanno & Sintoni, 2003).

Substância mineral, ou simplesmente mineral, é todo corpo inorgânico de composição química e de propriedades físicas definidas, encontrado na crosta terrestre. Minério é toda rocha constituída de um mineral ou agregado de minerais contendo um ou mais minerais valiosos, que podem ser aproveitados economicamente. Esses minerais valiosos, aproveitáveis como bens úteis, são chamados de minerais-minério. O mineral ou conjunto de minerais não aproveitados de um minério é denominado ganga. (Centro de Tecnologia Mineral Ministério da Ciência e Tecnologia - CETEM, 2010).

A indústria de mineração constitui peça-chave para as estratégias econômicas e o desenvolvimento de um estado. A potencialidade, produção e exportação dos produtos minerais possibilitam, com força, a inserção deste estado no cenário econômico do país, como também contribui na dinamização socioeconômica doméstica.

Qualquer atividade agrícola ou industrial, no campo da metalurgia, da indústria química, da construção civil ou do cultivo da terra, utiliza os minerais ou seus derivados. Os fertilizantes, os metais e suas ligas, o cimento, a cerâmica, o vidro, são todos produzidos a partir de matérias-primas minerais (CETEM, 2010).

Segundo Azapagic (2004), a indústria mineral é frequentemente dividida em quatro subsetores: minerais energéticos (petróleo, carvão, turfa etc.), minerais metálicos (ouro, ferro, cobre, zinco etc.), minerais empregados na construção civil (brita, areia, argila etc.) e minerais industriais (carbonatos, caulim, talco etc.).

O Brasil tem uma riqueza mineral expressiva, configurada, segundo Vale (2003), pela presença de minerais metálicos (ferrosos e não ferrosos), não metálicos (industriais, gemas e materiais de construção) e energéticos (petróleo, carvão mineral, urânio e gás natural), distribuída numa área de aproximadamente 8,5 milhões de km². Entre as principais gemas encontradas no território brasileiro estão ametista, citrino, quartzo, ágata, granada, turmalina, esmeralda, água-marinha, topázio, opala, malaquita, crisoberilo e espodumênio, havendo

áreas favoráveis à ocorrência de diamantes, estas fazem parte da Mineração em Pequena Escala.

Na mineração em pequena escala (MPE), segundo o Ministério de Minas e Energia – MME (2018) no Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental da Mineração em Pequena Escala no Brasil (MPE), a (MPE) no Brasil possui relevante importância na medida em que gera uma grande quantidade de empregos e contribui para o desenvolvimento de sistemas econômicos locais.

No cenário mundial, onde as maiores ocorrências de opala com qualidade geomológica são restritas, a Austrália é o maior produtor, com 90-95 % do total. Brasil, Estados Unidos, Honduras, Japão, Etiópia e México são os demais participantes deste mercado. No Brasil, as ocorrências de opalas encontram-se nos estados do Rio Grande do Sul e do Pará, mas o Piauí detém a maior parcela da produção nacional, concentrada nos municípios de Pedro II e Buriti dos Montes (Marques, 2014).

Com base no processo de mineração, a cidade de Pedro II tem se destacado nacionalmente pela extração de pedras semipreciosas, principalmente as opalas de alto grau de pureza, o que lhe proporcionou um avanço no desenvolvimento econômico e social ao longo dos tempos, com a criação de Cooperativas de Rede de Arranjo Produtivo Local da Opala, implementada a partir de 2005 no Município de Pedro II do estado do Piauí, com o objetivo de resolver conflitos na atividade minerária, melhorar as condições de trabalho e renda dos garimpeiros, além de possuir metas para minorar os impactos ambientais. (Soares & Lopes, 2016).

Segundo Ministério de Minas e Energia - MME (2018) encontram-se no Brasil no total, 88 APLs de base mineral cadastrados na Rede APL mineral, destas 21 APLs de gemas, joias e afins, sendo que a Mineração Pequena Escala - MPE de diamante e gemas tem grande potencial para contribuir para a superação da pobreza nas regiões onde ocorrem as jazidas, mediante geração de renda, empregos e encadeamento com outras atividades produtivas locais. No entanto, tal atividade é caracterizada pela informalidade e pela precariedade em termos de qualificação profissional dos mineradores e das condições tecnológicas de extração, beneficiamento, lapidação, transformação e comercialização.

A extração de opala é uma atividade econômica praticada tradicionalmente em Pedro II e um complemento para a economia piauiense. Dessa maneira, frizam-se, na cadeia de suprimentos do referido minério, desde a extração (do garimpo até a mineração), a industrialização (lapidação, joalheria, folheados, bijuterias e artefatos de pedras), a comercialização e a exportação (Henrique & Soares, 2005).

O presente trabalho objetiva apresentar a cadeia de suprimentos da opala, um dos minérios mais apreciados em todo o mundo por sua beleza singular e raridade (Rosa, 2014). Para tanto, foi realizada uma pesquisa na região extrativista brasileira no município do Pedro II, estado do Piauí.

A cadeia de suprimentos consiste nas operações de colaboração em todas as partes envolvidas, direta e indiretamente, na realização de atender as necessidades dos clientes. Ela inclui não apenas o fabricante e os fornecedores, mas também transportadoras, varejistas, armazéns e até mesmo o próprio cliente (Chopra & Meindl, 2011).

Segundo Chopra & Meindl (2011), o objetivo de cada cadeia de suprimentos deve ser maximizar o valor gerado e é com esse entendimento que se busca neste trabalho entender porque a opala de Pedro II, com maior qualidade mundial, segundo Rosa (2014) não apresenta o valor que deveria ter.

2. Referencial Teórico

2.1 Aspectos da mineração no Brasil

A prática da mineração no Brasil remonta ao século XVII, dois séculos posteriores à chegada dos portugueses em território nacional, ocorrendo-lhes um interesse secundário em razão do empenho imediatista em extrair pau-brasil (madeira que deu nome a própria nação), seguido do posterior incentivo a culturas como tabaco e açúcar, destinados ao mercado externo, paralelo à pecuária para abastecimento das regiões produtoras, entre outras atividades praticadas com a utilização da mão de obra escrava (Barreto, 2001).

A mineração é um setor que ocupa posição de destaque na economia nacional, tendo relevante participação na composição do Produto Interno Bruto (PIB). Os bens minerais geram emprego e ocupam espaço nas exportações brasileiras, marcadas por elevada comercialização de commodities. No segmento dos minerais metálicos, entre os quais se destaca o minério de ferro, a maior parte se destina ao mercado externo, contribuindo para a formação da balança comercial brasileira (Agência Nacional de Mineração - ANM, 2018).

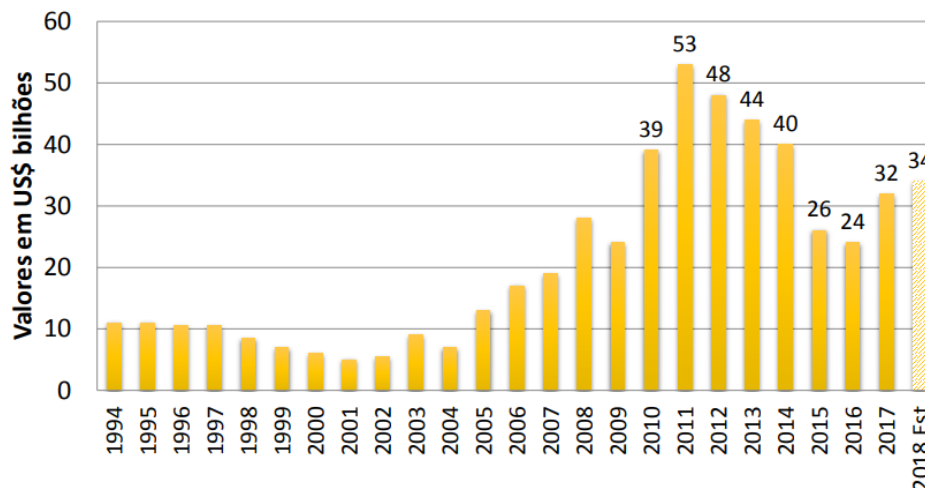
Em 2017, 80% do valor total da produção mineral comercializada pelo País foram resultados da venda de minerais metálicos. Desta classe, 11 substâncias - alumínio, cobre, cromo, estanho, manganês, nióbio, níquel, ouro, vanádio, zinco e ferro, com destaque para o minério de ferro - representaram 99,6% do valor da produção comercializada deste segmento,

totalizando R\$ 88,5 bilhões de reais, sendo a maior parte da produção concentrada nos estados de Minas Gerais e do Pará (ANM, 2018).

No segmento de gemas, segundo Henriques e Soares (2005), o Brasil responde por 1/3 da produção mundial, com exceção da safira, do rubi e do diamante. Esse potencial foi reafirmado por Rodrigues (2009), que, além de reconhecer a diversidade de gemas existentes no território nacional e sua representatividade no cenário mundial, destacou o Brasil como o único produtor mundial de “Topázio Imperial”, “Turmalina Paraíba” e “Opala Pedro II”.

A mineração no Brasil é majoritariamente composta por micro e pequenas empresas (87%). Está presente em todo território brasileiro. O que ocasiona uma geração de 180 mil empregos diretos e mais de 2 milhões indiretos, com um faturamento de US\$ 32 bilhões (2017), representando 16,8% do PIB Industrial (Instituto Brasileiro de Mineração - IBRAM, 2018). A Figura 1 apresenta a produção mineral do Brasil (PMB) de 1994 a 2017, mais uma previsão para 2018, com valores exclusivos da Indústria Extrativa Mineral, não inclui Petróleo e Gás. A PMB é a soma de todos os bens minerais produzidos no país calculados em bilhões de dólares.

Figura 1 – Produção Mineral Brasileira (PMB).



Fonte: Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM (2018).

Analisando o gráfico, observa-se que houve um decréscimo nos períodos de 2015 e 2016 no setor, porém estamos em crescimento devido a investimentos e o surgimento de inovações implantadas no setor da mineração.

No Brasil, o universo da pequena mineração é formado por dois segmentos: o da pequena empresa de mineração e da mineração artesanal, a qual é denominada de garimpo. A pequena mineração tem grande importância econômica e social, pois atua na produção de

minerais industriais e de emprego imediato, predominando na produção de várias substâncias minerais. A atividade garimpeira, além de ser degradadora e executada na maioria das vezes sem o prévio planejamento de lavra, também se caracteriza pela ausência significativa de plantas de beneficiamento mais eficientes, o que resulta na sua baixa taxa de recuperação. (Otelo, 2018).

Como exemplo de atividade garimpeira tem-se a exploração de gemas, estas distribuídas em todo o território brasileiro, como pode-se observar na Figura 2.

Figura 2 - Mapa gemológico brasileiro.



Fonte: Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos - IBGM (2005).

Neste contexto, surge o conceito da mineração artesanal e de pequena escala (MAPE), a qual é geralmente realizada pela população local e, por isso, representa uma importante fonte de trabalho e oportunidade de desenvolvimento. Um dos maiores desafios para a mineração no Novo Milênio é a integração da Pequena Mineração no sistema ativo e sustentável de exploração dos recursos minerais. A Pequena Mineração (PM) ou mineração de pequena escala é uma atividade de mineração definida por baixas despesas e receitas de capital e baixa produtividade; já a Mineração Artesanal (MA) constitui um subconjunto da

PM, caracterizada pela mecanização rudimentar, recuperação ineficiente, condições operacionais inseguras e exploração do trabalho (Seccatore, 2014).

Para MME (2018), a mineração artesanal, por sua vez, constitui uma parcela do universo da mineração caracterizada pelo uso de tecnologia tradicional e ineficiente e por mão de obra pouco qualificada. Em geral é praticada em unidades independentes, muitas vezes informais, sem títulos ou licenças, seguindo um modelo de negócios familiar e de subsistência. Tem grande sobreposição com operações de micro e pequena mineração, mas há exceções em que a mineração de porte médio e mesmo algumas poucas de grande porte operam de forma artesanal.

Cabe salientar que, no Brasil, a mineração com tais características, praticada de modo formal, informal ou até ilegal, é comumente chamada de garimpo, quando relacionada com a extração de ouro, diamante e demais gemas. No entanto, esse termo adquiriu uma definição legal precisa a partir da Lei nº 7.805/1989, que institui o Regime de Permissão de Lavra Garimpeira (PLG), e da Lei nº 11.685/2008, que cria o Estatuto do Garimpeiro; segundo tais leis, o garimpo é caracterizado pela substância mineral produzida a partir de minérios secundários (aluvião, colúvio) e pela não obrigatoriedade da existência de uma fase de pesquisa mineral anterior à lavra. A partir dessas definições, nem sempre um garimpo estará enquadrado na categoria de mineração artesanal (MME, 2018).

Diante do exposto pelos autores citados, pode-se perceber que a mineração é uma prática econômica muito antiga e ao longo dos tempos foi se destacando e tornando-se essencial para a vida do homem e impulsionando o desenvolvimento de várias regiões no Brasil.

O Brasil com uma área muito grande, quando comparada com outros países, apresenta características geológicas diversas, na qual observar-se uma grande quantidade de metais e gemas de destaque no mundo, dentre estas a opala. No entanto, apesar de ser uma prática antiga e importante, não apresenta o investimento e estudos necessários para a valorização e redução dos impactos causados.

2.2 Aspectos da mineração no Piauí

O Estado do Piauí possui uma área de 251.529,2 km², situando-se na Região Nordeste do Brasil, localizado na Chapada das Mangabeiras. Tem geologia assentada no Embasamento Cristalino Pré-cambriano, Sedimentos Paleozoicos da Bacia Sedimentar do Maranhão–Piauí, Sedimentos Terciários da Formação Barreiras e Sedimentos Costeiros Quarternários,

estruturas que, associadas à influência de fatores litoestruturais, variações climáticas e processos morfodinâmicos, são responsáveis pelas suas atuais características físicas e pela diversidade mineral do território (Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais - CEPRO, 2005).

De acordo com Freitas (2012), dentre as principais atividades minerárias do Piauí têm-se : a mineração, brita, argila (cerâmica), areia, opala, pedreiras, seixo, calcário e diamante. Além da produção voltada para a construção civil, o Piauí possui representatividade no cenário nacional e internacional no que se refere à mineração de gemas, com sua riqueza mais cobiçada se concentrando nos municípios de Pedro II e Buriti dos Montes, onde se encontra a opala, com grande valor mineralógico, qualitativo e comercial.

Pedro II, município do norte do Piauí, é conhecido internacionalmente por seu artesanato, suas redes e a opala, que tem as cores do arco-íris. Além de ser bela e rara, a opala apresenta atrativo comercial, sendo explorada durante décadas nessa região do Estado e em minas na Austrália.

Atualmente, do total de opalas extraídas no mundo, apenas 5% apresentam jogo de cores, ou seja, são opalas nobres. Desses 5%, aproximadamente 80% (4% da produção mundial de opala) são gemas de qualidade intermediária, acessíveis e as mais comuns no mercado. Os outros 20% de opalas nobres (1% da produção mundial de opala) são os exemplares de qualidade excepcional, que muitas vezes alcançam valor por quilate superior ao de belos diamantes. No momento, o país que mais se destaca na produção de opalas nobres é a Austrália (a cidade de Coober Pedy, em particular, é uma das principais produtoras), responsável por 90 a 95% da produção mundial, sendo o único produtor comercial de opala negra e também de opala branca, opala na matriz e opala matacão. Outros países merecem destaque na extração de opalas nobres como o Brasil, (produtor de opalas brancas, com achados eventuais de opalas negras ou cinzas), dentre eles Estados Unidos, Honduras, Japão, Etiópia e México (Sachs, Batista, Braga, Lima & Barradas ,2015).

As opalas de Pedro II são as únicas de qualidade nobre no Brasil e constituem as mais importantes ocorrências brasileiras, tanto em termos de volume quanto em qualidade gemológica, quando comparadas às famosas opalas australianas. Tradicionalmente em Pedro II, a extração de opala apareceu como atividade econômica no município por volta de 1945, entretanto somente nos anos de 1960 a garimpagem fez florescer pequenas indústrias de lapidação e artesanato mineral. A atividade extrativa mineral de opala nas décadas de 1970 e 1980, em Pedro II se caracterizou pela falta de fiscalização e ausência de acompanhamento

dos órgãos governamentais (CEPRO, 2005). Essa falta de fiscalização acarretou inúmeras irregularidades e o aumento do comércio clandestino.

Nas décadas de 1980 e 1990, com o apoio do Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE e de algumas autoridades públicas e privadas passaram a investir, acompanhar e fiscalizar os processos de extração mineral para assim tornar a atividade formal, além de controlar a comercialização e reduzir os acidentes de trabalho nos garimpos. Dessa maneira, em 2004 foi fundada a COOGP – Cooperativa de Garimpeiros de Pedro II, sob orientação do DNPM- Departamento Nacional de Produção Mineral, para assim programar ações do Projeto Cooperativo em Rede de Arranjo Produtivo Local da Opala, na qual permanece até os dias atuais. (Freitas, 2012.)

O Arranjo Produtivo Local da Opala no município de Pedro II tem sido objeto de ações do Projeto Cooperativo em Rede de APL da Opala, que se institucionalizou em 2005, com implementação de ações para fortalecer a cadeia produtiva dessa gema, que se caracterizava pelo baixo nível de eficiência econômica e tecnológica e pelo uso de procedimentos rudimentares em todos os elos de sua cadeia produtiva. (Freitas, Gomes & Aquino, 2016).

De acordo com Lastres & Cassiolato (2003), os APL's estão relacionados a um conjunto de atores econômicos e sociais que desenvolvem atividades econômicas em um mesmo território, apresentando vínculos de produção, interação, aprendizado e cooperação, porém, de forma fragmentada sem relativa articulação entre esses atores

O APL da opala se enquadra no tipo de base mineral, envolvendo aglomerados de empreendimentos e indivíduos que atuam em torno de uma cadeia produtiva, possuindo como característica principal a especialização na produção de bens minerais em um mesmo território (REDE APL MINERAL, 2012). Essas aglomerações produtivas contribuem para a construção de uma infraestrutura capaz de desenvolver outras atividades, tornando-se, dessa maneira, um eixo do desenvolvimento local.

3. Logística da Cadeia de Suprimentos

A logística da cadeia de suprimentos é um conjunto de atividades funcionais (transporte, controle de estoque, etc) que se repetem inúmeras vezes ao longo do canal pelo qual matérias-primas vão sendo convertidas em produtos acabados, aos quais se agrega valor ao consumidor (Ballou, 2006). Uma cadeia de suprimentos é representada por uma série de agentes que são interligados por uma operação logística que tem a finalidade de entregar um

produto que tenha valor perante o consumidor final. Este, por sua vez, remunera essa cadeia, que redistribui a parte financeira para cada ator de acordo com os contratos celebrados entre os agentes (Reis, Mollo Neto, Vendrametto & Costa Neto, 2015).

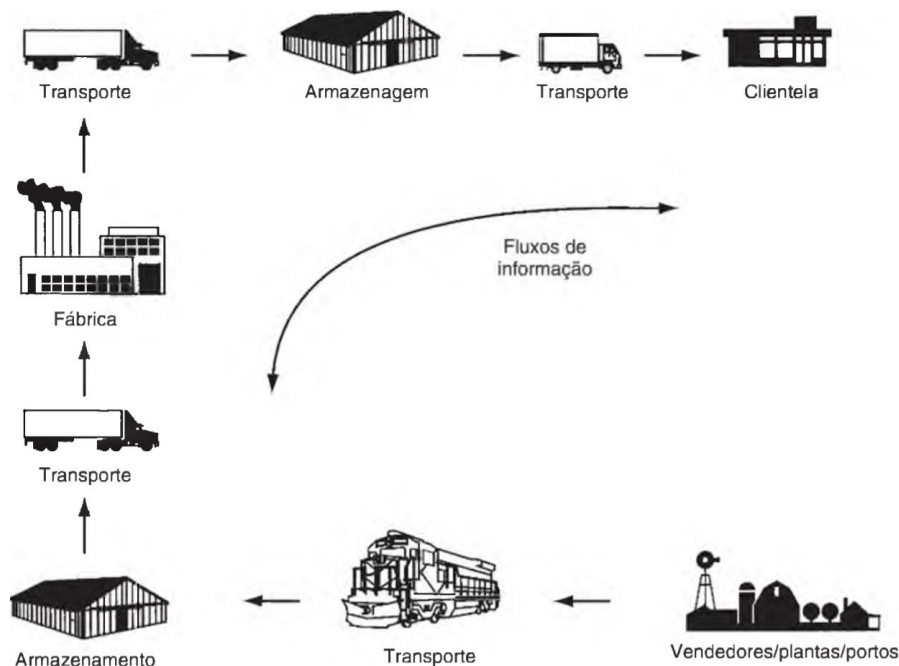
A logística empresarial é um campo relativamente novo da gestão integrada, das áreas das finanças, marketing e produção. As empresas precisam estar envolvidas, o que garante a gestão coordenada de atividades inter-relacionadas, em substituição à prática histórica de administrá-la separadamente (Ballou, 2006).

O relacionamento entre os autores fortalece a cadeia e assim, o produto ou serviço, adquire maior qualidade ganhando maior valor no mercado e satisfação dos clientes.

Uma gestão integrada da demanda na cadeia produtiva compreendida pelos fornecedores, fabricantes, distribuidores e varejistas, levará a maior precisão dos dados trocados dentro da cadeia, minimizando a propagação de erros de previsão, reduzindo as incertezas na gestão da capacidade produtiva, diminuindo os estoques, entre outras vantagens (Diaz & Pires, 2003).

A gestão da cadeia de suprimentos é a gestão da interconexão das empresas que se relacionam entre si por meio de ligação a montante e a jusante entre os diferentes processos que produzem valor na forma de produtos e serviços para o consumidor final. (Reis et al., 2015). A Figura 3 apresenta a logística da cadeia de uma empresa de forma geral, na qual apresenta os setores envolvidos.

Figura 3 - Introdução e Planejamento.



Fonte: Ballou, 2006.

A Figura 4 apresenta as atividades logísticas na cadeia de suprimentos de uma empresa.

Figura 4 – Logística empresarial.



Fonte: Ballou, 2006.

Para Ballou (2006), as atividades a serem gerenciadas variam de acordo com as empresas, dependendo, entre outros fatores, da estrutura organizacional, das diferentes conceituações que constituem a cadeia de suprimentos e da importância das atividades para as suas operações.

A cadeia produtiva do setor mineral, cujos recursos não são renováveis e apresentam rigidez locacional, distingue-se das demais por ser regida por legislação federal específica, nas fases de autorização de pesquisa e de concessão de lavra, de competência do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM (Carvalho, 2015).

A cadeia mineral apresenta uma diversidade de atores, por isso a necessidade de uma organização e uma estratégia de gestão integrada irá fortalecer todo o sistema, reduzindo assim os impactos e desperdícios, favorecendo a legalização e qualidade do produto final.

4. Metodologia

Metodologia científica é o estudo sistemático e lógico dos métodos empregados nas ciências, seus fundamentos, sua validade e sua relação com as teorias científicas. Em geral, o método científico compreende basicamente um conjunto de dados iniciais e um sistema de operações ordenadas adequado para a formulação de conclusões, de acordo com certos objetivos predeterminados (Gerhardt & Silveira, 2009).

Marconi & Lakatos (2003) descreve que toda ciência se utiliza de métodos científicos; em contrapartida, nem todos os ramos de estudo que empregam estes métodos são ciências. Para Diehl & Tatim (2004), o método é um processo intelectual, correspondendo a operações finitas e elementos práticos adaptados a um objetivo definido.

A pesquisa se caracteriza por ser exploratória e descritiva. Exploratória porque objetiva maior familiaridade com o problema pouco conhecido em sua essência; descritiva, pois procura descrever as características de determinada população ou fenômeno (Kauark, Manhães & Medeiros, 2010). Pode também ser caracterizada como um estudo de caso com enfoque qualitativo na cadeia de suprimentos da opala, elemento principal da referida APL.

A área de estudo é o município de Pedro II, localizado na microrregião geográfica de Campo Maior (PI), a cerca de 220 km da capital Teresina que contava em 2010 com uma população de 37.496 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2010), distribuídos em uma área territorial de 1.518,225 km², com densidade demográfica de 24,70 hab./km².

O passo inicial foi à realização de uma pesquisa bibliográfica para levantar informações e fornecer uma base de sustentação ao tema abordado. Isso foi realizado através de pesquisas documentais em diversas fontes, como sites de webs, artigos, teses e livros especializados.

O segundo passo foi pela realização da coleta de informações que permitissem obter dados preliminares sobre o contexto estudado. Para a coleta desses dados foram utilizadas análises documentais, registros fotográficos, institucionais e bancos de dados do Sistema. Essas informações foram adquiridas através de visitas realizadas no local.

5. Resultados e Discussões

Para atender os objetivos de acordo com as pesquisas realizadas, foram estabelecidas as principais atividades relacionadas à cadeia de suprimentos da opala, seguindo os componentes estabelecidos por vários autores, dentre eles Reis et al. (2015), que determina as seguintes etapas para uma cadeia de suprimentos típica.

- a) Fornecedor
- b) Logística de abastecimento
- c) Fabricante
- d) Logística de distribuição

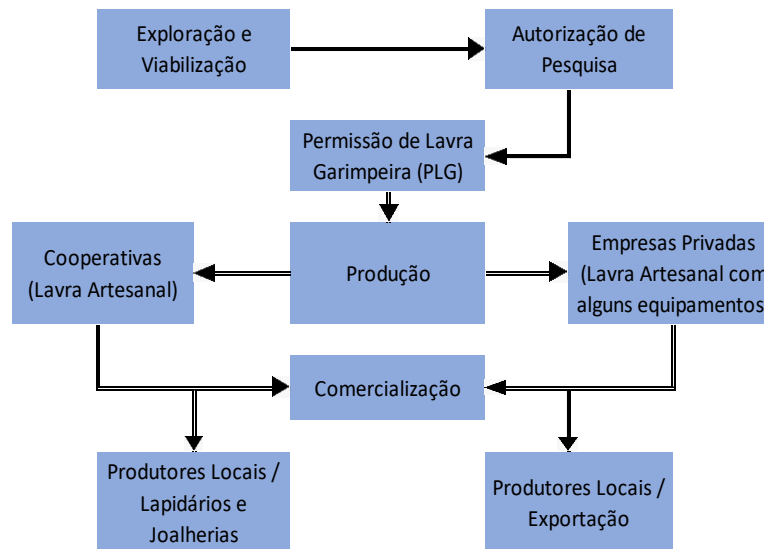
- e) Varejista
- f) Consumidor.

Segundo Rodrigues (2009), entre as fases que compreendem a cadeia produtiva de gemas e metais preciosos no Brasil estão a extração mineral, lapidação artesanal ou industrial, o artesanato mineral e os demais serviços de diferentes segmentos, interdependentes no elo da cadeia, como no caso de transporte e comércio.

Carvalho (2015) apresenta as seguintes etapas da cadeia produtiva da opala no seu estudo: pesquisa mineral, lavra, beneficiamento, lapidação, design, promoção comercial e gestão.

Na pesquisa realizada por Sachs et al. (2015) para o projeto de avaliação dos depósitos de opalas de Pedro II, estabeleceu-se o fluxograma da Figura 5, refere-se à cadeia produtiva da opala, construído através de análises em visitas locais e observações dos aspectos econômicos deste bem mineral. Os pesquisadores buscaram enfatizar os seguintes aspectos: extração e beneficiamento, viabilização, dados de produção, comercialização e gargalos observados neste processo.

Figura 5 – Fluxograma da cadeia produtiva das opalas da região de Pedro II (PI).



Fonte: Adaptado Sachs et al. (2015).

Baseados nos autores citados anteriormente foram determinadas as seguintes etapas como componentes da cadeia de suprimento da Opala: pesquisa mineral, extração (lavra), logística de abastecimento, lapidação, design, logística de distribuição, comercialização e consumidor.

I. A pesquisa mineral:

Primeira etapa que estabelecem o estudo dos solos e caracterização da geologia do território com o objetivo de conhecer o seu potencial mineral.

Essa iniciativa é realizada através de parceria da APL com o Departamento de Produção Mineral (DNPM), do Serviço Geológico do Brasil - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - (CPRM) e o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM). Este, através dos seus laboratórios, usinas piloto e com o apoio da sua biblioteca, está apto para desenvolver projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), para todos os segmentos do setor minério-metalúrgico, incluindo as tecnologias destinadas à prevenção e correção de impactos ambientais causados por essa atividade.

É importante ressaltar que, na região de Pedro II, predomina o regime de Permissão de Lavra Garimpeira. Os pequenos mineradores foram regularizados perante o DNPM com a criação da Cooperativa de Garimpeiros de Pedro II (COOGP).

A COOGP possui grande participação na produção dessa gema, ela é regularizada perante o órgão fiscalizador, o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), sendo detentora de Permissões de Lavra Garimpeira (PLG). A COOGP foi fundada em Junho de 2004 com apenas 34 associados. Ao longo dos anos, esse número tem-se expandido. Atualmente, conta com 168 associados. Porém, foi observado que apenas uma pequena parte desses cooperados está efetivamente trabalhando em garimpo. Isso geralmente ocorre devido à falta de recursos para investimentos na busca e na forma que facilitem e/ou viabilizem as condições de extração dessa gema. (Sachs et al. 2015)

Os dados relativos à pesquisa mineral foram datados no período da criação do APL da Opala, com o intuito de identificar e caracterizar o solo da região, atualmente por falta de investimento essa caracterização não acontece de forma científica somente através de práticas de manejo e exploração do solo de forma empírica.

II. A extração:

Ainda informal e praticamente realizada por garimpeiros e pequenas empresas de forma artesanal, com uso de pouca tecnologia, mão de obra desqualificada e ferramentas rudimentares (alavancas, chibancas, peneira, pá e etc), alta informalidade e falta de recursos humanos locais, o que representa um dos maiores problemas da cadeia. Todas essas características geram consequências como a pouca valorização das gemas, alto índice de

acidentes de trabalho, problemas ambientais e condições insalubres de trabalho no garimpo, além da falta de controle na produção, situação que a Cooperativa busca regularizar com ajuda de projetos.

Nessa etapa houve a participação de empresas privadas como, a Empresa de Mineração Brasil Norte Ltda.- EMIBRA, Mineração Cristã - MC e Opalas do Brasil Ltda.- OPEX, Centro de Tecnologia Mineral-CETEM, além do apoio do governo representado pelo SEBRAE-Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – Piauí, FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) e a colaboração do CREA – Conselho Regional de Engenharia, da SEMAR – Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos- para ajudar em assuntos relacionados ao impacto e exploração do meio-ambiente.

Ainda segundo Pfaltzgraff, Torres & Brandão (2010) são três os tipos de jazimentos de opala: (a) veios, preenchendo fraturas ou revestindo cavidades nos arenitos da Formação Cabeças; (b) capa de soleiras de diabásio alterado para argila, onde a opala é encontrada em pequenas fissuras; (c) aluviões ou tálus, resultantes da desagregação do Arenito Cabeças mineralizado e da erosão do diabásio. O presente trabalho enfatizará no processo de jazimento do tipo veios que é o atual.

A extração se inicia com o arrendamento da terra por terceiros ou por empresas privadas na qual o pagamento da terra corresponde a 20% do que será achado no local, 10% para a COOGP e o restante é rateado pelos demais que participam da extração. É importante ressaltar, que a atividade garimpeira na região de Pedro II tem períodos peculiares. Como grande parte dos garimpos do Nordeste Brasileiro, as atividades estão concentradas em períodos de estiagem. Nos outros meses, os garimpeiros trabalham em outras atividades, como por exemplo, na agricultura. São as seguintes ações vinculadas ao processo de extração, que implica remoção da vegetação, decapeamento, escavação, beneficiamento e disposição de rejeitos.

a) Remoção da vegetação: A etapa inicial baseia-se na remoção da cobertura vegetal. Essa etapa resulta nos seguintes impactos ambientais: destruição do habitat de muitas espécies da fauna, culminando com a dispersão dos mesmos e exposição do solo a erosão pluvial. Essa etapa é realizada com o auxílio de máquinas privadas ou locadas pela cooperativa com a ajuda de benefícios do governo, ou parcerias na qual os custos com aluguel da retroescavadeira são divididos entre o proprietário da máquina e os garimpeiros, o que inviabiliza o seu uso. Com isso, o passivo (rejeito) fica empilhado até surgir uma

oportunidade de alugar uma máquina (tratores) para que esse possa ser redirecionado a lugares próprios. Como podemos observar nas Figuras 6 e Figura 7.

Figuras 6 e 7 - Remoção da vegetação.



Fonte : Autor (2020).

- b) Decapeamento, escavação:** Na área de estudo, essa ação se faz mediante o uso de retroescavadeiras, cuja profundidade de desmonte varia entre 5 a 30 metros. Como mostra as Figuras 8, 9 e 10.

Figuras 8, 9 e 10 - Decapeamento, escavação



Fonte: Autor (2020).

Como a mina é aberta: em forma de embocamento (decapeamento) de barreiros. Devido à estrutura geológica, não possui a possibilidade de abrir galerias e túneis, então, eles abrem barreiros em um determinado local e vai afunilando em dimensões, isso para facilitar a encontrar o veio.

Após o decapeamento, começa a escavação, feita com ferramentas rudimentares, para a localização do veio das gemas ao longo dos horizontes do solo, uma atividade bastante artesanal. Como mostra as Figuras 11 e 12.

Figuras 11 e 12 - Escavação artesanal



Fonte: Autor (2020).

c) **Beneficiamento e disposição de rejeitos:** etapa que consiste na separação e classificação das pedras pela seleção natural, artesanal, a olho nu, bem simples, expedita e rudimentar praticada pelos garimpeiros, ainda no próprio garimpo, causando o transporte de material para áreas mais baixas. Vale ressaltar que em algumas situações, o decapeamento de algumas partes da mina atinge o lençol freático ou mesmo as chuvas, formando pequenos açudes que são usados por garimpeiros, que a partir do peneiramento na vala escavada ou ao lado do declive do rejeito da escavação tentam achar cascalhos.

Os cascalhos são pedaços de opalas que ficam soltos na areia (Figuras 13 e 14), e quando colocados na água são facilmente identificados porque refletem ao impacto da luz solar. Esses cascalhos são usados pelos joalheiros e ourives para construírem peças denominadas mosaicas.

Figuras 13 e 14 - Peneiramento

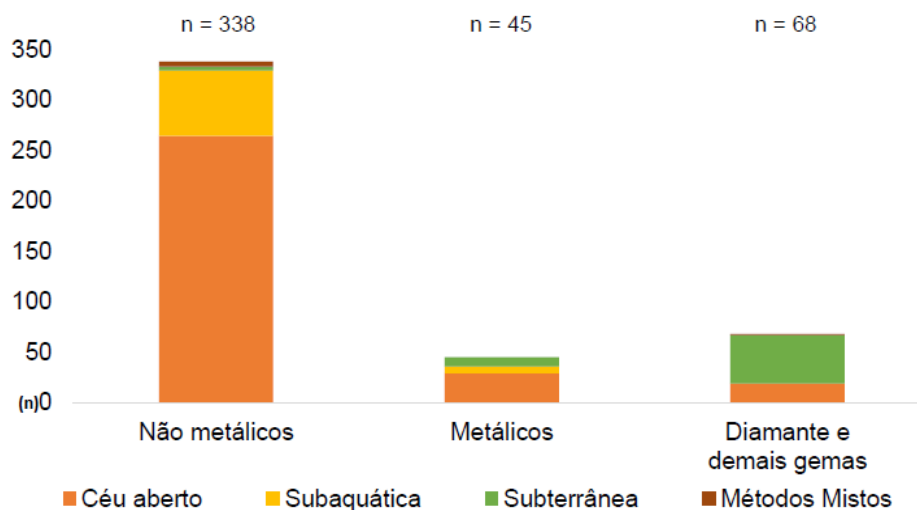


Fonte: Autor (2020).

De acordo com a classificação de qualidade dos garimpeiros da região, a opala pode ser subdividida em três tipos quanto à sua propriedade de luminescência: extra, média e leitosa, sendo a extra mais luminescente que as demais.

Além da extração com o uso de máquinas (trator de esteira ou retroescavadeira), tem-se a área de lavra, que compreende o desmonte da rocha em horizontes para evidenciamento da zona mineralizada, realizado através da detonação de explosivos (Gomes, 2004). Como essa etapa acontece a céu aberto, gera poeira e resíduo o que acarreta um alto impacto ambiental e um custo alto, por isso atualmente não se aplica esse tipo de extração, apenas com a escavação e decapeamento do solo. Como pode ser observado na Figura 15, que representa a distribuição do método de lavra realizada pelo Ministério de Minas e Energia (2018), as gemas e o diamante apresentam extração subterrânea ou mista (céu aberto e subterrâneo), o que não difere da extração da opala.

Figura 15 – Distribuição dos métodos de Lavra.



Fonte: Ministério de Minas e Energia – MME, 2018.

Observou-se que um dos grandes impasses dessa etapa é falta de acompanhamento técnico especializado diário, fiscalização, falta de recursos para viabilizar equipamentos, melhorias nas instalações, projetos de recuperação ou aproveitamento de áreas degradadas, etc.

III. Preenchimento das escavações e a vegetação:

Logo após a conclusão das atividades de extração, quando se percebe que na região que foi decapeada não tem mais possibilidade de encontrar a gema, é realizada o preenchimento da vala aberta e a revegetação da área degradada. No entanto, devido ao custo dessa etapa, atualmente não se observa essa recuperação de áreas degradadas pelos garimpeiros e sim pelos proprietários das terras que realizam as atividades, ou mesmo aproveitam as valas já abertas para a produção de açudes para reservar a água ou até mesmo a criação de peixes.

IV. Logística de abastecimento:

Logo após o beneficiamento que determina o fim da mineração inicia-se a fase da industrialização, as gemas são transportadas, saem das minas e quando o garimpeiro não possui lojas de lapidação as mesmas são comercializadas até os centros de lapidação na qual são tratadas para melhorar suas características e estética, abastecendo o mercado interno e externo. Porém, como relatado por Freitas (2012), cerca de 80 % da produção de opala era e ainda é comercializada na forma bruta entre os estados brasileiros e com outros países. Nas figuras 16 e 17 observa-se a pedra bruta, com impurezas.

Figuras 16 e 17 - Gema opala bruta.



Fonte: Autor (2020).

Nota-se que, apesar dos esforços das instituições privadas e públicas como SEBRAE oferecendo cursos de lapidação, no entanto a falta de suporte e incentivo financeiro dificulta essa operação, o que, na maioria das vezes acaba desvalorizando a gema.

V. Lapidação:

A pedra bruta é então levada para os ateliês das lojas nas quais se inicia o processo de industrialização (preparação da pedra bruta). Este processo é realizado por microempresas, geralmente familiares, que atuam, em sua grande maioria, em suas próprias residências através, de pequenos centros de lapidação e ourivesaria.

O primeiro processo industrial é a classificação das opalas em lotes, pela variedade de cores e preciosidade da gema, uma classificação mais fundamentada na valorização das gemas de acordo com os critérios mineralógicos. Em seguida é realizada a limpeza das pedras brutas, a qual passa pela inspeção visual do lapidário, que deve observar o melhor aproveitamento do material em função da forma original da gema bruta e a disposição das inclusões e das manchas de cores. Assim é feita a marcação dos veios da opala entre as impurezas da pedra para a realização do corte.

a) O corte ou martelação: é realizado na bancada com diferentes lâminas aproveitando ao máximo a opala. Utiliza-se um esmeril lubrificado com água para desbastar a gema, com o objetivo de ressaltar a cor. É um trabalho artístico que envolve a habilidade do lapidário como observado nas Figuras 18, 19 e 20. Gema martelada é aquela que teve as porções com impurezas ou cor ruim removidas com martelos especiais.

Figuras 18,19 e 20 - Corte das gemas



Fonte: Autor (2020).

b) Lapidação e polimento: Depois do corte e limpeza das gemas (separação das impurezas minerais presentes) são realizados a lapidação e o polimento, para assim garantir mais brilho para a peça e melhor aderência para o processo de montagem das joias (Figuras 21, 22 e 23). É importante ressaltar que muitas lojas apresentam colaboradores especializados em design de joias, o que favorece o planejamento e organização na etapa de produção.

Figuras 21, 22 e 23 - Lapidação e polimento



Fonte: Autor (2020).

Como mostra na figura, a finalização do polimento ocorre com o encanetamento da gema, processo no qual a gema é colada com esmalte numa canetinha de madeira ipê que tem na extremidade uma cera para retê-la, processo artesanal, que favorece minuciosamente as características finais das joias.

Após o processo de lapidação, o valor das pedras aumenta consideravelmente, o que significa maior geração de renda e lucro para o comércio e os serviços locais.

A lapidação artesanal, que utiliza máquinas antigas e com pouco desenvolvimento tecnológico, intensifica o caráter único das pedras, já que dificilmente podem ser encontradas pedras idênticas, quando o processo é artesanal. Em contraste, as pedras lapidadas sob influências tecnológicas são produzidas em grande escala, para atender a coleções e linhas de joias, por exemplo.

Quanto aos processos produtivos analisados, observou que o corte, a martelação, o polimento, a lapidação e o acabamento são realizados nas empresas participantes que trabalham com a extração, juntamente com beneficiamento e a produção de artefatos minerais.

VI. Design:

Depois da etapa de polimento, observando as formas finais da pedra é realizada o processo de design (montagem da gema no metal). Na etapa de design consiste em uma lapidação diferenciada, o que proporciona a produção de joias e artefatos arquitetônicos, o que agrega maior valor a gema (Figuras 24 a 29). Na região poucas empresas realizam essa etapa,

sendo a gema vendida de forma bruta, porém lapidada, para outras empresas produzir as joias, e as produzidas na região são de peças simples, algumas feitas por encomendas diretas nos ateliês das joias.

Figuras 24, 25, 26, 27, 28 e 29 - Processo de design.



Fonte: Autor (2020).

- a) **Conformação** da gema é baseada na forma e no tamanho da mesma, para melhor aproveitamento, favorecendo o design da joia a ser realizada, podendo esta ser de composição com outros metais como prata, ouro branco e ouro comum, dentre outros.
- b) **Montagem dos adornos:** Depois de colocadas as gemas nas na peça metálica, é feita ligação com o restante das partes da joia, onde é realizado o ajuste e a montagem final.
- c) **Polimento da joia:** Logo após a realização da ligação do metal com a pedra para dar origem a joia, estas antes de ir para as prateleiras das joalherias, passa por um politriz de joias, para dar mais brilho à joia acabada, como pode ser observado nas Figuras 30, 31 e 32.

Figuras 30, 31 e 32 - Polimento da joia.



Fonte: Autor (2020).

No processo de criação, 70% das empresas de joalheria adquirem a opala bruta direto dos garimpeiros e 30% utilizam a opala lapidada, fornecida pelos lapidários locais. A totalidade dessas empresas inclui na sua linha de produção peças de opala incrustadas em adornos de ouro ou prata e ainda de outros tipos de gemas e pedras: quartzo, pérolas, pedras preciosas, zircônia e outras (SEBRAE, 2016).

Uma questão enfatizada por Carvalho (2015) ainda permanece até hoje: a necessidade de maior investimento por parte dos joalheiros em design e acabamento, às vezes o turista tem a sensação de estar vendo as mesmas joias, mas em lojas diferentes, e por parte dos lapidários na questão da durabilidade dos mosaicos quanto a sua colagem.

A análise da cadeia produtiva do setor de gemas e joias, vista da perspectiva do design contemporâneo sinaliza oportunidades de exploração e inovação, que podem contribuir à ampliação da sua estratégia de produto como identidade territorial. (Canaan & Teixeira, 2014).

Observou-se que ao longo da cadeia alguns garimpeiros receberam incentivos e se tornaram grandes empreendedores, o que proporcionou uma continuidade na comercialização de joias de opala e facilitou a integração com os agentes da cadeia. Na cidade existem muitas lojas e o produto final fica estagnado por falta de projetos técnicos específicos e incentivos na participação de eventos para divulgação das peças. Contatou-se uma ocorrência ao longo das etapas listadas: a falta de incentivos financeiros para o aprimoramento de técnicas e uso de inovações para a produção, o que desmotiva as microempresas e acabam investindo e trabalhando em outros setores para garantir o sustento.

VII. Logística de distribuição

Depois do processo de fabricação das joias, as mesmas são distribuídas pelas lojas, na própria cidade, que possuem parcerias. Assim, o processo de design fica restrito a poucas lojas que apresentam tecnologia e colaboradores especializados para os devidos fins.

Além do mercado interno, as peças são distribuídas para lojas externas, em outras cidades, desde a capital Teresina, até cidades de Minas Gerais.

VIII. Comercialização

A comercialização em meados de 1960 era informal e não existem dados confiáveis. Em termos de comercialização, pode-se afirmar que, no caso das firmas de extração, beneficiamento e artefatos minerais, os principais canais de comercialização são as vendas diretas, principalmente através da loja de fábrica e exportação de matérias em convênio com a cooperativa ou os mercados informal e clandestino.

A venda de opalas era feita de forma informal, transações realizadas verbalmente, através de acordos orais sem nenhuma documentação ou pagamento de impostos e por muitas vezes em dinheiro vivo, devido a isso os dados da produção e comercialização de opala são praticamente inexistentes.

Foi observado que a comercialização das pedras acontece em cenários múltiplos, embora os mercados de pedras brutas e de gemas tenham configurações diferentes de clientes e potencialidades diversas, os locais de venda geralmente são os mesmos. Quem vende gemas com frequência também vende pedras brutas. O vendedor que tradicionalmente mexe com pedra bruta pode vender uma peça lapidada. Da mesma forma, os ateliês de joias também mantêm um pequeno espaço para amostras de pedras brutas.

No entanto, observou-se que vários garimpeiros se especializaram e tornaram-se empresários e com a ajuda da cooperativa da APL, do SEBRAE, do apoio da prefeitura município e do governo estadual, participam de eventos nacionais e internacionais, apresentando as características peculiares da opala através das suas coleções. Todas essas atividades e parcerias influenciam diretamente na melhoria da qualidade e conseqüentemente no valor agregado para sua comercialização

Segundo Guimarães (2011), em Pedro II, cerca de 30% das opalas garimpadas são de alta qualidade e seguem para exportação (principais compradores são Estados Unidos, Alemanha, França e Suíça). Os 70% restantes ficam na região de Pedro II e são utilizados na

produção de joias artesanais comercializadas no próprio Nordeste e em alguns estados brasileiros.

Atualmente a comercialização interna, de acordo com a empresa ACONTUR existem 23 lojas (dados de setembro, 2019), que se distribuem ao longo da cidade para a produção de joias e comercialização das mesmas, por todo o Brasil e algumas regiões da Europa e dos EUA, principais importadores.

IX. Consumidor

Quanto ao agente principal da cadeia produtiva tem o consumidor, este caracterizado por pessoas da região. No entanto o principal consumidor são os turistas que são atraídos para a região pela ocorrência dos festejos da cidade e joalheiros.

As pedras passam por muitas mãos antes de chegarem ao mercado e, uma vez lá, podem continuar sendo repassadas de comerciante a comerciante, até chegarem ao consumidor final. O valor das pedras varia de acordo com as tendências do mercado e da influência da moda.

O público consumidor de acessórios que busca sempre por novidades, coleções diferenciadas, com uma gema que apresenta diversidade de cores e formas, de preços que variam do mais barato (adornos simples) até adornos com metais preciosos como o ouro, prata, além de poderem ser realizados por encomendas.

Com os festivais realizados na cidade, com atrações de nível nacionais e locais, o fluxo turístico no município aumentou. Os turistas realizam um turismo mineral, conhecendo todo o processo de extração até os ateliês de joias e oficinas de lapidação, além de atrativos ambientais na região. Tudo isso melhora e vem aumentando o poder de comercialização e divulgação da gema, além de proporcionar sustento para a região.

6. Considerações Finais

A presente pesquisa baseada no estudo de caso do município de Pedro II concentrou-se em apresentar um panorama da cadeia produtiva e de suprimentos da opala alinhando a realidade com a prática estabelecida pela literatura. Observou-se que, a cadeia da opala não difere muito das cadeias determinadas pela literatura.

Contatou-se que existem projetos estabelecidos pela Cooperativa em parceria com o estado e empresas privadas, no entanto a falta investimentos acarreta falhas ao longo da cadeia.

Atualmente ainda se percebe os mesmos gargalos especificados por Sachs et al. (2015): falta de acompanhamento técnico especializado diário, o que impossibilita uma lavra de forma racionalizada, levando a passivos ambientais visíveis; falta de recursos financeiros para viabilizar equipamentos que facilitem a lavra; falta de melhorias contínuas nas instalações que dão apoio aos garimpeiros nos diversos garimpos da região; e evasão de mão-de-obra, pois os jovens da região, filhos e netos dos garimpeiros, estão se distanciando dos garimpos e abandonando o ramo em busca de melhores horizontes profissionais em grandes centros urbanos.

A cadeia produtiva contribui para alavancar o desenvolvimento socioeconômico da região, por isso a estruturação dos seus elementos é importante para conhecer os empecilhos ao desenvolvimento e à valorização das gemas.

Todas as minas possuem documentação e licença ambiental dos órgãos ambientais para funcionamento e lavra; no entanto, o que se observa é o emprego inadequado dos recursos para equiparação das minas de opala em Pedro II, o impacto ambiental só aumenta, ao invés de diminuir, e a falta de controle e fiscalização só corrobora para práticas informais e desvalorização da gema, além de um baixo nível de eficiência econômica e tecnológica, pelo uso de procedimentos rudimentares em todas as instâncias da cadeia.

Com o presente trabalho, espera-se ter oferecido uma visão mais abrangente do aspecto da mineração de gemas no mundo, no Brasil e em particular, como problemática a cadeia de suprimentos da opala do município de Pedro II, que constitui uma das riquezas do Piauí.

Referências

- Agência Nacional de Mineração. Anuário Mineral Brasileiro. (2019). *Principais Substâncias Metálicas 2018. Ano Base 2017*. [Internet]. Recuperado de http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-eeconomia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/amb_2018.pdf.
- Azapagic, A. (2004). Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry. *Journal of Cleaner Production*, 12, 639-662.

Ballou R. H. (2006). *Gerenciamento da Cadeia de suprimentos/logística empresarial* (5º ed). Porto Alegre. Bookman, 616p.

Barreto, M. L. (2001). *Mineração e desenvolvimento Sustentável: Desafios para o Brasil*. Rio de Janeiro. CETEM/ MCT, 225p.

Brasil. Agência Nacional de Mineração. (2018). *Portal institucional*. Recuperado de <http://www.anm.gov.br>.

Brasil. Rede APL Mineral. (2012). *Portal institucional*. Recuperado de <http://redeaplmineral.org.br/premio-melhores-praticas-2012>.

Canaan, R. P., Teixeira, M. B. (2014). Possibilidades de Contribuição do Design em Arranjos Produtivos Locais: um estudo de caso no setor de gemas e joias. *In: 11º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design*, Gramado – RS.

Carvalho, C. A. (2015). *O papel do APL da opala de Pedro II, Piauí, na estruturação do turismo mineral do município*. Dissertação – Programa de Pós-graduação em Mudança Social e Participação Política. Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo.

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral Ministério da Ciência e Tecnologia. (2010). *Introdução ao Tratamento de Minérios*. Coordenação de Processos Mineraiis- COPM. Rio de Janeiro.

Chopra, S., & Meindl, P. (2011). *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação* (4º ed). São Paulo: Cengage Learning. 536p.

Dias, M. C. O. (1999). *Manual de impactos ambientais: orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas*. Banco do Nordeste do Brasil: Fortaleza. 297p.

Diaz, C. A. P., & Pires, S. R. I. (2003). Variação da demanda ao longo da cadeia de suprimentos : O efeito da amplificação da demanda. *In: XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção- ENEGEP*. Ouro Preto-MG.

Diehl, A. A., & Tatim, D. C. (2004). *Pesquisa em ciências sociais aplicadas: métodos e técnicas*. São Paulo: Prentice Hall, 176p.

Freitas, S. O. (2012). Efeitos da implementação das ações do “projeto cooperativo em rede de arranjo produtivo local da opala” no ambiente do trabalho e natural dos Garimpos Boi Morto, Roça e Mamoeiro, Município de Pedro II, Piauí. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Programa Regional de Pós- Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, 99p.

Freitas, S. O., Gomes, J. M. A., & Aquino C. M. S. (2016). Análise dos impactos ambientais da extração de Opala no município de Pedro II, Piauí. São Paulo, UNESP, *Revista Geociências*, 35(3), 443-456.

Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais - CEPRO. (2005). *Diagnóstico e Diretrizes para o setor mineral do Estado do Piauí*. Teresina: Fundação de Pesquisas Econômicas do Estado do Piauí.

Gerhardt, T. E., & Silveira, D. T. (2009). *Métodos de pesquisa*. Departamento de Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. Porto Alegre. Editora da UFRGS. 120p.

Gomes, E. R. (2004). *Estudo de impacto ambiental : Boi morto, Pedro II, Piauí*. SEMAR.

Guimarães, H. (2011). *Opala: preciosidade do sertão ganha o mundo*. Revista Globo Rural. Recuperado de: <http://revistagloborural.globo.com/Revista/Common/0,,ERT211452-18071,00.html>.

Henriques, H. S., & Soares, M. M. (2005). *Políticas e ações para a cadeia produtiva de gemas e jóias*. Brasília, DF, IBGM, 116p.

Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos - IBGM. (2005). *Manual Técnico de Gemas* (3º ed). Brasília. 156 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (2010). *Censo demográfico das cidades*. Recuperado de: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/pedro-ii>.

Instituto Brasileiro de Mineração - IBRAM. (2018). *Economia Mineral do Brasil*. Recuperado de: <http://portaldamineracao.com.br>.

Kauark, F. S., Manhães, F. C., & Medeiros, C. H. (2010). *Metodologia da Pesquisa: um guia prático*. Itabuna-BA: Via Litterarum Editora. 88p.

Latres, H. M. M., & Cassiolato, J. E. (2003). *Glossário de Arranjos e Sistemas produtivos e Inovativos Locais*. 29p.

Marconi, M. A., & Lakatos, E. M. (2003). *Fundamentos de metodologia científica* (5 ed). São Paulo: atlas, 310p.

Marques, G. T. (2014). *Opalas gemológicas do Piauí: gênese revelada por microtermometria e minerais associados*. Dissertação de mestrado – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociência, Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 84p.

Ministério de Minas e Energia – MME. (2018). Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental da Mineração em Pequena Escala no Brasil (MPE). Relatório do Inventário da Mineração em Pequena Escala das Gemas. São Paulo.

Otelo, A. Q. (2018). *Validação de Termo de Referência para licenciamento ambiental de Mineração Artesanal e de Pequena Escala (MAPE) de minério de ouro no Estado de Pernambuco*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral, 216p.

Pfaltzgraff, P., Torres, F., & Brandão, R. (2010). Geodiversidade do estado do Piauí. Programa Geologia do Brasil levantamento da Geodiversidade. *Serviço Geológico do Brasil*. CPRM, Recife. 260p. Recuperado de
: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/16772?show=full>.

Reis, J. G. M., Mollo Neto, M., Vendrametto, O., & Costa Neto, P. L. O. (2015). *Qualidade em redes de suprimentos : a qualidade aplicada ao Supply Chain Management*. São Paulo: Atlas, 336p.

Rodrigues, A. F. S. (2009). *A cadeia de produção e consumo de metais pedras preciosas (Epílogo)*. Economia mineral do Brasil. Brasília-DF, v.01. 443-454 Recuperado de: https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=3991

Rosa, D. B. (2014). *As jazidas de Opalas Nobres da Região de Pedro II no estado do Piauí*. Jundiá, Paco Editorial, 224p.

Sachs, L. L. B., Batista, I. H., Braga, I. F., Lima, F. P. S. & Barradas, M. T. (2015). *Projeto avaliação dos depósitos de opalas de Pedro II*. Estado do Piauí – Teresina: CPRM, 90p.

Seccatore, J. (2014). *Gestão sustentável de recursos e reservas para mineração a pequena escala*. Thesis (Doutorado em Engenharia Mineral), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 137p.

Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE. (2016). *Perfil dos pequenos negócios da opala no município de Pedro II*.

Soares, J. O., & Lopes A. V. A. (2016). Banco Rede Opala: análise da Contribuição para o desenvolvimento do comércio local a partir da utilização da moeda social Opala pelos comerciantes da cidade De Pedro II, Piauí. In: *5º Congresso Ibero-americano em investigação Qualitativa*, 152-156.

Tanno, L. C., & Sintoni, A. (2003). *Mineração e município: bases para planejamento e gestão dos recursos minerais*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 194p. Recuperado de: <http://web.eep.br/~phlbiblio/10018744.pdf>

Vale, E. (2003). *Simulação do Impacto Econômico da mineração na Economia Nacional : Relatório Final*. Brasília : SMM/MME, 20p.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Linarydy de Moura Sousa – 65%

Pedro Luiz de Oliveira Costa Neto – 20%

Samuel Campelo Dias – 10%

Francisca das Chagas de Oliveira – 05%