

Setor produtivo de rochas ornamentais: uma revisão sistemática da literatura

Production sector of ornamental rocks: a systematic literature review

Sector productivo de piedras ornamentales: una revisión sistemática de la literatura

Recebido: 08/10/2022 | Revisado: 20/10/2022 | Aceitado: 22/10/2022 | Publicado: 28/10/2022

Maria Carolina Campos Baylão

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9552-8232>

Centro Universitário Alves Faria, Brasil

E-mail: carolbaylao@yahoo.com.br

Alcido Elenor Wander

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9656-8773>

Centro Universitário Alves Faria, Brasil

E-mail: alcido.wander@unialfa.com.br

Resumo

O entendimento do ponto de vista histórico acerca da extração de rochas ornamentais atesta a significância econômica e cultural destes materiais ao longo do desenvolvimento das mais distintas civilizações. Entretanto, a mineração de rochas ornamentais possui individualidades muito específicas frente a outras indústrias extrativas. Por conseguinte, pretende-se por meio da revisão sistemática da literatura, reconhecer por meio de trabalhos científicos de cunho nacional e internacional, experiências de extração de rochas ornamentais que discorram sobre ações de exequibilidade de exploração, economia mineral, e políticas públicas que possam fomentar o avanço do setor extrativo e o desenvolvimento regional do estado de Goiás.

Palavras-chave: Mineração; Economia mineral; Políticas públicas.

Abstract

Understanding the historical point of view about the extraction of ornamental rocks attests to the economic and cultural significance of these materials throughout the development of the most distinct civilizations. However, the mining of ornamental rocks has very specific individualities compared to other extractive industries. Therefore, it is intended through a systematic review of the literature, to recognize through national and international publications, experiences of extraction of ornamental rocks that have been carried out on actions of the feasibility of exploitation, mineral economy, and public policies that can promote the advancement of the extractive sector and the regional development of the state of Goiás.

Keywords: Mining; Mineral economy; Public policies.

Resumen

La comprensión del punto de vista histórico sobre la extracción de rocas ornamentales da fe de la importancia económica y cultural de estos materiales a lo largo del desarrollo de las más distintas civilizaciones. Sin embargo, la minería de rocas ornamentales tiene individualidades muy específicas en comparación con otras industrias extractivas. Por lo tanto, a través de una revisión sistemática de la literatura, se pretende reconocer, a través de trabajos científicos nacionales e internacionales, experiencias en la extracción de rocas ornamentales que discutan acciones de factibilidad de exploración, economía de minerales y políticas públicas que puedan promover el avance del sector extractivo y el desarrollo regional del estado de Goiás.

Palabras clave: Minería; Economía de minerales; Políticas públicas.

1. Introdução

O entendimento do ponto de vista histórico acerca da extração de rochas ornamentais atesta a importância econômica, artística, cultural destes materiais ao longo do desenvolvimento das mais distintas civilizações, tendo em vista que elas se caracterizam como recursos naturais de vultosa relevância, vinculadas a indústria de construção civil desde os tempos que o ser humano começa a manipular as rochas no período neolítico.

As particularidades das rochas ornamentais, o manejo, a durabilidade e a beleza, que se encontram entrelaçados com sentimentos de poder, transcendência e status, podem constituir alguns dos motivos que explicam o crescimento e desenvolvimento do setor produtivo relacionado às mesmas.

Entretanto, a mineração de rochas ornamentais possui individualidades muito específicas frente a outras indústrias extrativas, tendo em vista o fato de que cada tipo de rocha ornamental possui singularidades, exigindo fluxos de processos produtivos e técnicas de lavra distintas, que também são influenciados por variáveis geológicas, econômicas, comerciais e de estrutura disponíveis.

As jazidas de granito, mármore e demais rochas ornamentais, habitualmente apresentam reservas muito superiores em comparação demais atividades extrativas minerárias, sendo que as dimensões de relevância estão inerentemente sujeitas à geometria dos limites geológicos, às tecnologias de corte e às condições técnicas intrínsecas ao método de lavra.

O processo de extração de rochas ornamentais, que se realiza pela lavra, se constitui de um conjunto de operações cuja finalidade é a remoção de material utilizável ou economicamente vantajoso dos matacões ou maciços rochosos. Tem como produto blocos aproximadamente retangulares, de proporções variadas entre 10 m³ e 12 m³ e 30 e 35 toneladas. Busca-se o máximo rendimento do material e utilização da capacidade produtiva nas etapas de beneficiamento, em especial atendimento a demanda do mercado internacional e as questões socioambientais.

A notabilidade e o engrandecimento do setor de rochas ornamentais no Brasil são corroborados pelo desenvolvimento tecnológico observado no processo extrativo, inerentes aos mecanismos de lavra, que se apresentam a todos os momentos como mais especializados e individualizados, bem como em razão da singularidade estética e técnica dos materiais (Vidal *et al.*, 2013).

Há que se ressaltar ainda quanto aos avanços ocasionadas pela Lei Federal n.º 13.975/2020, cujas disposições regulamentam que o aproveitamento mineral de rochas ornamentais, como granito, mármore e ardósia, seja feita também por meio de licenciamento, diversamente do que dispunha a norma anterior quanto a necessidade de que o aproveitamento fosse realizado por meio do regime de autorização e concessão. O regime de licenciamento sobressai aos demais em função da celeridade na obtenção do título de autorização de lavra, estando submetido a obtenção da autorização do proprietário do solo e da licença municipal para o consequimento do título de licenciamento perante a Agência Nacional de Mineração (ANM).

O estado de Goiás, considerado seu inestimável território geológico e potencialidade de crescimento na indústria mineral, atende uma posição ainda estreita na produção brasileira e mundial de lavra. Por conseguinte, pretende-se por meio da revisão sistemática da literatura, reconhecer por meio de trabalhos científicos de cunho nacional e internacional, experiências de extração de rochas ornamentais que discorram sobre ações de exequibilidade de exploração, economia mineral, e políticas públicas que possam fomentar o avanço do setor extrativo e o desenvolvimento regional do estado de Goiás.

Atendendo ao escopo do presente trabalho, considerando que há uma carência de estudos relacionados ao tema em Goiás, mediante a revisão sistemática da literatura nacional e internacional, anseia-se que a repercussão da presente pesquisa identifique modelos de políticas públicas estratégicas, bem como agentes de transformação que promovam a diversificação do uso dos materiais rochosos extraídos em território goiano, mediante modelo de produção que respeite o recurso natural existente, em face de sua exauribilidade, e a legislação em vigor.

2. Metodologia

Para que seja atendido o propósito do presente trabalho, como preceito para a triagem de referências bibliográficas, foi eleita a adequação da metodologia desenvolvida por Pagani *et al.* (2015), denominada *Methodi Ordinatio*. Referido procedimento corresponde a uma sequência de nove etapas, possibilitando o reconhecimento e ranqueamento, por relevância, de obras consideráveis, dentro de uma temática previamente definida, examinando as seguintes métricas: fator de impacto, ano de publicação e número de citações.

Segundo Pagani *et al.* (2017), o propósito do *Methodi Ordinatio* é apontar o direcionamento da linha de pesquisa, se diferindo dos demais métodos de revisão sistemática em função da ordenação dos artigos de acordo com sua relevância científica. Consequentemente, isso irá ofertar ao pesquisador a posse das principais informações anteriormente à leitura sistemática do

artigo em sua totalidade, resultando na minimização dos graus de incerteza quanto a relevância do trabalho para conjunto bibliográfico da pesquisa.

2.1 Sequência de aplicação das etapas inerentes ao *Methodi Ordinatio*

Etapa 01 – Estabelecimento do objetivo da pesquisa:

Pretende-se por meio da revisão sistemática da literatura, reconhecer por meio de trabalhos científicos de cunho nacional e internacional, experiências de extração de rochas ornamentais que discorram sobre ações de exequibilidade de exploração, economia mineral, e políticas públicas que possam fomentar o avanço do setor extrativo e o desenvolvimento regional do estado de Goiás.

Etapa 02 - Pesquisa exploratória preliminar:

Foram estabelecidos como palavras-chave e verificados os termos que possuem conexão ao objeto da pesquisa, quais sejam: rocha ornamental e mineração, rocha ornamental e sustentabilidade, políticas públicas e rochas ornamentais; arranjos produtivos locais e economia mineral; estratégias de inovação e tecnologia mineral; exploração de rocha ornamental e impacto ambiental; desenvolvimento regional, plano de lavra e controle estrutural das jazidas; aproveitamento do resíduo de rochas ornamentais; pesquisa mineral de mármore e granitos; mercado de rochas ornamentais, optando-se pelas bases de dados Portal de Periódicos da CAPES; Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Scopus.

Etapa 03 – Definição e combinação das palavras-chave aos bancos de dados:

Aferida a conexão das palavras-chave, foram mantidas as expressões da pesquisa exploratória preliminar, aplicando a esta etapa da investigação, variações para o plural, nos idiomas inglês e espanhol, com a utilização dos operadores booleanos “OR” e “AND”, mantendo-se a busca de dados nas mesmas plataformas.

Etapa 04 – Pesquisa final na base de dados:

A investigação final denotou a classificação de 104 prováveis referências bibliográficas.

Etapa 05 – Procedimentos de filtragem:

Os artigos identificados, foram examinados, utilizando o gerenciador de referências “JabRef”, sendo excluídos os que os que apresentavam recorrência duplicada e que não apresentassem a versão integral, tal qual os que não se encaixavam no contexto de mineração de rochas ornamentais, restando seguidamente ao ato de filtragem, o quantitativo de 69 trabalhos.

Etapa 06 – Identificação do fator de impacto, ano de publicação e número de citações:

Como fonte de coleta de métricas, foram empregadas buscas junto aos websites dos periódicos, Google Scholar, Journal Citation Reports (JCR) e Citescore. Constadas publicações que não retinha identificação de fator de impacto, fora designado o valor (0) para fins de fator de impacto.

Etapa 07 – Cálculo do índice de relevância (IR):

O cálculo do *InOrdinatio* empregado na metodologia desenvolvida por Pagani *et al.* (2015) tem por objetivo o ranqueamento de publicações elegidas por ordem de relevância. No caso da presente pesquisa, optou-se pelo estabelecimento de um ponto de corte, como parâmetro de seleção dos artigos selecionados, com vistas à proposta de elaboração da revisão sistemática de bibliografia, conforme a Equação 1.

$$IR=(F1/1000) + a [10-(APe - Apu)] + \Sigma Ci \quad (1)$$

Sendo:

F1 = fator de impacto, dividido por mil, para normalizá-lo perante os demais critérios;

a = peso do fator do ano de publicação, que deve ser estabelecido pelo pesquisador com variáveis entre 1 e 10. Na pesquisa em questão, fora estipulada o valor 5, com vistas a equiparar o peso da avaliação entre ano de publicação e quantitativo de citações.

APe = ano de desenvolvimento da revisão bibliográfica;

Apu = ano da publicação averiguada;

ΣCi = somatório das citações inerentes aos trabalhos analisados;

Como ponto de corte para os trabalhos selecionados, fora estipulado $IR \leq 5,00$. Utilizada a equação junto aos 69 trabalho elencados no procedimento de filtragem, foram considerados como relevantes o quantitativo de 44 artigos.

Etapa 08 – Busca pelas publicações em versão completas:

A etapa de buscas por publicações completas fora antecipada junto aos procedimentos de filtragem inerentes a etapa de número 05.

Etapa 09 – Leitura e análise das publicações selecionadas:

Na última etapa, foram efetivadas as leituras dos artigos classificados como relevantes, intuindo-se o desenvolvimento integral do objetivo do presente estudo.

Considerada a utilização da equação inerente ao *Methodi Ordinatio* juntos aos trabalhos eleitos, fora caracterizado como maior relevância um artigo publicado em 2013, com $IR = 159,01$, contando com 149 citações; e como artigo menos expressivo, um trabalho datado de 2012, com $IR=5,00$ e nenhuma citação, tendo como ponto de corte para os trabalhos eleito $IR= <5,00$.

3. Resultados e Discussão

A seguir são apresentados os aspectos mais relevantes dos trabalhos identificados mais relevantes considerando a metodologia definida no capítulo 2.

3.1 Aproveitamento do resíduo de rochas ornamentais

O estudo de Modolo *et al.* (2017), realizado junto ao município de Cachoeiro do Itapemirim – Espírito Santo, Brasil, tem por escopo a particularização do resíduo de lama abrasiva, bem como o reconhecimento e a análise de áreas apropriadas para o estabelecimento de depósitos dos resíduos advindos das indústrias de rochas ornamentais, considerado ainda a relevância da questão socioambiental do uso da terra e da escassez de zonas propícias. Os autores verificam que a contar da aferição das propriedades químicas do resíduo e da percepção da existência de terreno adequado para o recebimento dos rejeitos, concerne ao empreendedor o encargo da implementação do depósito, o gerenciamento e o tratamento adequado dos resíduos gerados, proporcionando o decréscimo dos impactos ambientais inerentes ao setor e a sustentabilidade da cadeia produtiva de rochas ornamentais.

O trabalho de Ponce-Palafox *et al.* (2020) apresenta o resultado do desenvolvimento de um tijolo à base de pó de mármore, que tem resistência à compressão suficiente para construir paredes de alvenaria em edifícios baixos, com até 3,5 metros, em terrenos de baixo risco sísmico, na província de Comarca Lagunera, cuja região contempla a maior extração de mármore do México, face a existência dos problemas ambientais derivados da atividade mineraria e busca de materiais alternativos para construção civil.

No Brasil, o artigo de Souza *et al.* (2020) indica a utilização de resíduos de rochas ornamentais advindos da lama do

corte de granitos e mármore (RGM), da região Parnamirim - Rio Grande do Norte, para a fabricação de agregados leves regionais, que se configuram como estruturas porosas fabricadas a partir de precursores argilosos utilizados como isolante térmico e acústico em obras de decoração, drenagem, paisagismo.

Segundo Teixeira *et al.* (2020), mediante pesquisa desenvolvida no Rio Grande do Sul, se vislumbra a utilização do resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais (RBRO) como substituto parcial ao aglomerante na produção de concretos estruturais. Os autores revelam a possibilidade de substituição de até 7,5% do cimento pelo resíduo de rochas ornamentais, concebendo um concreto de resistência propícia ao uso estrutural e em conformidade com a legislação brasileira pertinente.

Segundo os estudos de Bacarji *et al.* (2013), o procedimento de extração e beneficiamento de blocos de rochas ornamentais resulta na produção de uma avultada fração de lama e demais resíduos, cuja disposição em aterros origina ameaça ao meio ambiente como um todo. Tais resíduos de mármore e granitos, denominado pelos autores de MGR, foram objeto de pesquisa realizada junto a Universidade Federal do Rio de Janeiro, com vista a explorar sua utilização como recurso para elaboração de material sustentável. Mediante ensaios de resistência mecânica, fora verificado um resultado que se mostrou positivo para que os resíduos de mármore e granito possam vir a ser utilizados como uma alternativa sustentável ao uso do cimento.

Almeida *et al.* (2020) averiguaram a funcionalidade da reciclagem dos resíduos oriundos da indústria de rochas ornamentais, em especial o granito, junto à indústria brasileira de cerâmica vermelha, compreendida pela produção de materiais para construção civil, tais como tijolos, cerâmicas, argila expandida) cuja heterogeneidade permite a inclusão de resíduos diversos. Os autores concluem pela viabilidade do uso dos rejeitos de granito como alternativa para o acréscimo da qualidade técnica do produto cerâmico, ainda que não seja utilizada em escala industrial, bem como forma de minimizar as repercussões ambientais. Ainda de acordo com os autores, há que se ressaltar sobre a carência de conscientização junto as empresas produtoras de granito quanto a potencialidade de tais resíduos, bem como quanto a políticas de desenvolvimento e estímulo a reciclagem e reutilização dos materiais e cimento.

Com vistas a analisar aplicabilidade de cargas minerais na indústria de fabricação de polímeros, Ribeiro *et al.* (2012) averiguaram a possibilidade da incorporação de diversos percentuais de resíduos finos (lama) advindos do processo de extração do Mármore Bege Bahia, rocha calcária abundante região de Ouro-lândia e Jacobina – BA, intuindo-se o enriquecimento das propriedades do polipropileno. Considerando que não são identificados resquícios de abrasivos inerentes ao processo de beneficiamento junto aos resíduos do mármore Bege Bahia, o que auxilia sua eficácia como carga mineral junto a indústria polimérica, os autores concluem pela eficiência da utilização de tais resíduos na confecção de compostos de polipropileno, cujo material produzido conta com proeminente resistência mecânica, aventando seu uso em mobiliários urbanos e escolares e como substituto de dormentes de linhas ferroviárias.

Benjeddou e Alwetaishi (2021) analisaram o aproveitamento do pó remanescente da secagem e trituração dos resíduos de lama, obtido junto a uma unidade de exploração da pedra de mármore Thala, na Tunísia Central, resultando na verificação de que tais resíduos podem ser apontados como carga mineral com aplicabilidade como matéria prima para artefatos de construção civil. Os autores elencam ainda que a carga mineral advinda dos rejeitos, considerado o baixo dispêndio de energia verificado no ciclo de produção, é avaliada como mais econômica frente às cargas comumente empregadas.

No Egito, Abdelkader *et al.* (2021) evidenciam que a crescente demanda por pedras egípcias, originárias da promissora cadeia da indústria de mármore localizada na região de Shaq Al – Thouban, a oeste do Cairo, Egito, ocasiona vultuosa parcela de resíduos lançados em terrenos baldios, implicando em severos impasses ambientais. Sendo considerado que o Egito padece com solos expansivos e a necessidade correção deles, os autores, dentro da perspectiva de reutilização de resíduos de rocha ornamental, consideram a potencialidade do reaproveitamento deles, sozinhos ou combinados com outros agentes químicos para a estabilização do solo expansivo.

De acordo com Carvalho *et al.* (2018), evidencia-se a possibilidade de que resíduos de partículas finas extraídas no processo de segmentação de seixos na pedreira de Itereré, situada na região norte do estado do Rio de Janeiro, em combinação com resina epóxi, possam ser empregados na produção de pedras artificiais destinadas a aplicação de pavimentos de tráfego de pedestres.

Cavalcanti *et al.* (2019) apresentam perspectivas de aproveitamento dos rejeitos do Granito Azul Sucuru, advindos da jazida inativada localizada em Sumé-PB, Brasil. Em conclusão os autores consideram que as adversidades face a extração do material, resultam da ausência de pesquisas acerca das particularidades geológico-estruturais da área. Entretanto, o material tido como rejeito na lavra, em especial os blocos que não foram utilizados com destinação ornamental, pode ser empregado sobre a configuração de brita designada a construção civil.

Os estudos de Guarçoni e Fanton (2011), desenvolvidos em Linhares – Espírito Santo – Brasil, objetivaram a avaliação do efeito do resíduo de beneficiamento do granito sobre as características químicas do solo e o desenvolvimento inicial do café conilon. Conforme concluem os autores, o emprego de doses crescentes de resíduo, pode ser utilizado como fontes de K (potássio) e Ca (cálcio), considerando-se que o pH do solo apresente-se em volta de 5,0, como doses próximas a 20 t/ha, resultando em crescimento inicial pertinente para o café.

Observando que os rejeitos ocasionados pela indústria de rochas ornamentais na Turquia, um dos países com maior produção mundial de mármore e travertinos, causam apreensão face à questão ambiental no território turco, bem como o fato de que tais resíduos são ricos em CaCO₃ (carbonato de cálcio), Tozsin *et al.* (2014) averiguaram o aproveitamento do rejeito como neutralizador do solo. Mediante o cumprimento de testes realizado pelo período de um ano, junto ao campo de cultivo de avelãs, localizados em Giressum, Turquia, revelou-se que os resíduos de mármore podem ser considerados como uma possibilidade satisfatória para a neutralização do solo, resultando em um significativo avanço de rendimento e eficácia das avelãs cultivadas.

3.2 Estratégias de inovação e tecnologia mineral

Mediante os estudos de Vagnon *et al.* (2020), elaborados na Itália, acerca de novos desenvolvimentos para a exploração sustentável de pedra ornamental na bacia de Carrara, a evolução tecnológica no setor de rochas ornamentais tem sido crescente. São relatados o uso de novas ferramentas tais como serras de fio diamantadas, cortadores de corrente, perfuração hidráulica e em linha, dentre outros. Isso tem proporcionado a diminuição do tempo de escavação, cortes apropriados para as características estruturais das jazidas e elevando o acréscimo de produtividade.

Segundo os estudos de Martínez *et al.* (2017), desenvolvido na região de Macael, localidade de produção de mármore mais considerável da Espanha e a segunda mais relevante da Europa, após a Itália, considera-se que a indústria de rochas ornamentais, carece de aperfeiçoar os custos inerentes a extração de blocos mediante planejamento de mina. A aplicação de técnica denominada radar de penetração no solo (GPR) pode auxiliar na identificação de estimativas de reserva das jazidas e avaliação de anomalias, que podem melhor determinar a unidade a ser lavrada e seu valor comercial, resultando em um planejamento de lavra satisfatório.

Rey *et al.* (2015), em sua análise junto a uma pedreira de mármore localizada em Macael (Almeria, Espanha), mediante o uso da técnica de radar não destrutivo de penetração no solo, designada de GPR (*Ground-Penetrating Radar Method*) como vistas a sondagem de diversas tipologias de rochas ornamentais, verificaram que no local em exame foram reveladas camadas alternadas de mica xisto e mármore. De acordo com a conclusão dos autores, em face da existência de descontinuidade das rochas de uma mesma pedreira, o que demonstra muito dos fenômenos e tipologia associadas à mesma pedra após sua inesperada variação, a utilização do método GPR pode ser apresentado como dispositivo para o diagnóstico preventivo de materiais pétreos anteriormente a sua utilização, intentando a seleção de materiais, de modo que a existência de descontinuidade fosse minimizada.

Considerando que o corte de blocos não programado nas pedreiras de rochas ornamentais, leva a possibilidade de produção demasiada de resíduos ou ainda, a extração de blocos fraturados, o artigo de Elkarmoty *et al.* (2017) concentra-se em apresentar dois estudos realizados na pedreira de Firenzuola, Itália, com vistas a abordagem de planificação de exploração, fundamentada na utilização da tecnologia de sondagem de maciços rochosos denominada Radar Penetrante (GPR). Segundo os resultados apresentados pelos autores, os mesmos revelam que o GPR pode ser considerado como um dispositivo exitoso na otimização da recuperação de blocos fragmentados.

Uhlemann *et al.* (2018) investigam a aplicação da tomografia de resistência elétrica denominada como (TRE) na mineração de rochas ornamentais, como ferramenta para orientação da atividade extrativa, tendo como local de estudo uma pedreira de mármore dolomítico a céu aberto, localizada na região da Lombardia, Itália. Os autores concluem que ainda que a aplicação da tomografia de resistência elétrica não seja comumente empregada em ambientes eminentemente resistivos como as rochas, a TER pode ser utilizada como mecanismo não invasivo para o alcance de informações sobre as características do cálculo antes da extração, resultando em uma atividade extrativa orientada, efetiva e apropriada, vislumbrando-se um material de elevada qualidade, sustentabilidade e competitividade econômica.

A técnica de varredura a laser tridimensional vem sendo amplamente utilizada na geologia, com vistas a acareação de distintas adversidades, tais como investigações de estabilidade e monitoramento geotécnico, ofertando informações detalhadas e complexas em um breve espaço de tempo. O trabalho de Vanneschi *et al.* (2014) elaborado em pedreira de mármore subterrânea localizada nos Alpes de Apuan, província de Carrara (Itália), utilizando-se da metodologia de escaneamento a laser tridimensional, resultou na apresentação de um protótipo 3D completo da área de estudo, no qual fora verificada nitidamente as relações entre a estrutura geológica e a pedreira de mármore. Os autores consideraram que tal procedimento, em virtude de sua celeridade e precisão de operação, resulta em informações são fundamentais para um planejamento de escavação desejável, em função dos atendimentos de questões de segurança e comerciais.

Ainda na Itália, Bonetto *et al.* (2021) procuram avaliar os benefícios dos dados de sensoriamento remoto para aferição do estado de estresse em pedreiras subterrâneas de mármore no distrito de Alpi Apuane (Toscana). De acordo com os autores, os dados de sensoriamento remoto se apresentam como uma alternativa complementar aos tradicionais levantamentos, que conjuntamente a observação das características geoestruturais da região a ser explorada, resultam como canal de referência para a detecção de estruturas tectônicas, amplificando a viabilidade, redução de custos, bem como tempos de escavação.

A extração de rochas ornamentais em Cuba, advém do século passado, em reduzidas extrações localizadas nas áreas de Sigua e Sierra se La Gran Piedra. Na época presente, a atividade extrativa industrial de rochas ornamentais é administrada pela Cuba Marble Company, contando com 14 concessões de extração localizadas em três regiões distintas do país. O trabalho de Cartaya-Pire *et al.* (2018) realizado na jazida de rocha ornamental Bottichino I na província de Granma, elenca que devido à ausência de avaliações de referências estruturais que estabelecem a dimensão do bloco, evidencia-se um baixo rendimento do material rochoso extraído. Os autores por intermédio de métodos de classificação geomecânica identificaram que no depósito de Bottichino I, a qualidade do maciço se apresenta como adequada, bem como que a exibição tridimensional das três frentes de lavra, viabilizou a majoração do grau de entendimento da configuração do maciço e a ampliação da recuperação dos monolíticos rochosos.

Em Portugal, Andrade *et al.* (2021) apresentam uma investigação acerca do aperfeiçoamento da cadeia produtiva da indústria de mármore. É utilizada a abordagem experimental do uso de sistema de identificação por Radiofrequência, intitulada de sistema RFID. Esta permitiria mediante a capacidade prática das etiquetas de leitura e escrita, a partir de testes elétricos, ultrassonográficos, de caracterização tridimensional de imagem, o armazenamento das peculiaridades físicas dos blocos de rocha ornamental, que se apresentam como ponto de partida da indústria do mármore. Se atentando ao fato de que a indústria extrativa de rochas ornamentais demanda de aperfeiçoamento nas superfícies de corte, com intuito de se minimizar as perdas de

continuidade de cor e textura, custos ambientais, de transporte e logística, bem como ampliar os atributos do bloco de pedra, potencializar os processos conseguintes de corte e beneficiamento, os autores dentro desta perspectiva, concluem que o sistema de RFID se apresenta como uma estratégia para a integração e fortalecimento da cadeia produtiva, uma vez que permite o rastreamento integral do material, comunicação automática como os equipamentos de corte e processamento e consumidor final, mediante um plataforma industrial de comunicação inteligente, inserida em um ambiente de indústria 4.0.

3.3 Mercado de rochas ornamentais

Saracli *et al.* (2013) examinaram a efetividade de 64 fábricas de mármore na cidade de Afyonkarahisar (Turquia), país cuja produção de mármore foi expandida desde a década de 1980 e que recentemente vem implementando através de grandes empresas, métodos inovadores de produção de pedra, técnicas avançadas e instalações integradas, colocando a Turquia como o sétimo maior produtor de mármore e pedra natural do mundo e oitavo colocado em exportações. Os autores mediante o método denominado DEA, atribuído à análise de um conjunto de unidades organizacionais, identificando as entidades eficientes que possam ser benchmarks para as entidades ineficientes, favorecendo a propagação de práticas de excelência em um agrupamento cooperativo, concluíram pela existência de modelos de produção não eficientes, de acordo com as matérias primas extraídas. Contudo, os autores recomendam a gestão das unidades avaliadas, o aumento da capacidade do nível de produção e redução das deficiências elencadas, com vistas a elevar à cidade de Afyonkarahisar a condição de mais alta produtora de mármore na Turquia.

O estudo de Paixão-Barradas *et al.* (2014) averigua a colocação das empresas do setor de pedras naturais em Portugal, haja vista que o setor mundial de transformação de pedras naturais passa por um momento de transição estrutural, com a inserção de novos mercados, liderados pela China, Índia e Ira, que sobrepõem a Europa na hegemonia da produção mundial de pedras naturais. Os autores concluem pela existência de cultura, experiência e vasta compreensão sobre os materiais inerentes ao setor, entretanto, sobressai uma carência de protótipos de inovação que incentivem a inserção gestão do design, valores de inovação, caracterização e competitividade. As vistas disso, os autores manifestam que o estímulo ao investimento privado é um vetor essencial da política econômica, apoiando os processos de modernização das estruturas produtivas, que inclui capacidade tecnológica e capacidade de comercialização internacional, como condição essencial para Portugal aproveitar melhor a recuperação geral da atividade econômica do setor.

3.4 Rocha ornamental e sustentabilidade

Na República da Angola a busca de rochas ornamentais, em especial o granito, tem favorecido a exploração de jazidas localizadas na província de Huila, onde mais de 12 empresas se dedicam a extração de tais materiais rochosos. Kambuta-Tchivikwa e Ulloa-Carcassés (2020) em seu artigo concentram-se em observar que a despeito das mineradoras possuírem projetos de exploração, poucas são as obras de recuperação ambiental identificadas, bem como a insuficiência de programas sociais destinados ao incremento do desenvolvimento da comunidade local. Os autores por meio de pesquisa metodológica, revelam que a ausência de especificações destinadas a exploração das pedreiras de Huila, que poderiam servir como um norteador para o desenvolvimento sustentável, implicam na produção de efeitos negativos junto ao meio ambiente local. Por fim, concluem pelo estabelecimento de quinze critérios de sustentabilidade destinados a exploração local de granito, com vistas a redução dos efeitos ambientais ocasionados pela atividade extrativa cada vez mais acentuada.

Dantas e Freitas (2014) analisam o grau de sustentabilidade do município de Pedra Lavrada – PB, região rica em pegmatito no Brasil, a contar do Índice de Sustentabilidade de Mineração, no qual cerca de 50% da mão de obra se encontra associada à atividade extrativista mineral. Como resultado, os autores a contar do Índice de Sustentabilidade de Mineração, face as dimensões econômicas, sociais e ambientais avaliadas junto à três empresas de mineração de maior expressão perante a

comunidade, concluíram que o ISM do município é tido como insustentável e ainda que, resguardada a relevância da indústria mineral para a localidade, inexistem condutas efetivas que proporcionem o desenvolvimento sustentável de tal atividade.

Silva Neto e Silvestre (2013) discorrem sobre o Arranjo Produtivo Local de rochas ornamentais, localizado no noroeste do estado do Rio de Janeiro, Brasil, composto por 170 empresas, considerada sua relevância econômica para região. Os autores apontam à ausência de qualificação profissional, hesitação quanto à aplicação de alteração dos processos, resistência a integração, em que pese a disponibilidade de apoio financeiro e organizacional, como condições que impossibilitam a disseminação de tecnologia como fator de redução de impacto ambiental.

3.5 Exploração de rocha ornamental e impacto ambiental

Em conformidade como os estudos de Rahnamabargard *et al.* (2020), foram avaliados os impactos ambientais das pedreiras de granito e mármore localizadas na província de Khorasan Razavi, no Irã, mediante o uso de metodologias denominadas de RIAM (*Rapid Impact Assessment Matrix*) e matriz Leopold, ambas usadas na avaliação de impacto ambiental. Os autores concluem que inobstante aos efeitos econômicos dados como proveitosos, a análise das particularidades das minas, revelou que a classificação geral média de todos os ambientes, abrangendo o biológico, físico, socioeconômico e cultural, prenuncia consequências negativas. No entanto, os autores elencam medidas preventivas e corretivas para atenuar ou afastar os impactos identificados, de modo que conjuntamente as questões ambientais, possibilitem a efetivação do desenvolvimento nacional, acréscimo de infraestrutura e geração de empregos.

A indispensabilidade do proveito sustentável dos recursos naturais tornou-se uma exigência para a salvaguarda do meio ambiente no desenvolvimento de materiais destinados à construção civil. Por meio dos estudos de Günkaya *et al.* (2018) realizados em uma pedreira de Bilecik, Turquia, face a investigação dos impactos ambientais resultantes da produção de mármore, mediante o uso da metodologia denominada Avaliação do Ciclo de Vida, transparece que nas pedreiras de mármore o efeito do diesel e da eletricidade são considerados relevantes. Os autores sugerem a utilização de fonte de energia renovável, tais como painéis de energia solar, para a obtenção de eletricidade na produção do mármore com vistas a consequente redução dos impactos ambientais.

Segundo os apontamentos de Piccini *et al.* (2019) face as investigações realizadas nos Alpes Apuanos (noroeste da Toscana, Itália) a exploração de mármore é atualmente empreendida por 150 empresas, que se utilizam de técnicas de perfuração e serragem para o corte adequado de blocos, tendo como repercussão a produção de poluentes que se infiltram nas águas subterrâneas. O estudo expõe que não obstante ao chorume do mármore instituir perigo instantâneo para a saúde pública, o mesmo pode ser considerado como um preocupante impacto na superfície da região. Em termo, os autores sugerem que processos participativos abrangendo agentes econômicos e ambientais possam desencadear novos estudos com intentando a pesquisa sobre os impactos da atividade extrativa de mármore, considerado que os Alpes Arpuanos são uma área de patrimônio natural e cultural.

Na Espanha, na região de Múrcia, Barba *et al.* (2021) avaliam a extração de rochas ornamentais a céu aberto e os impactos negativos sobre o meio ambiente, paisagem, ambiente socioeconômico, sociocultural e infraestruturas, averiguando os indicativos, as medidas corretivas e preventivas, por meio da proposição de uma gestão de mitigação de impacto baseados em fluxogramas. De acordo com os autores, a representação gráfica do procedimento sugerido pelos autores, propõe de forma acessível parâmetros para medidas de controle do solo e superfície, controle de resíduos, ruídos, evolução no atendimento a segurança dos trabalhadores em atividade nas pedreiras, dentre outros, durante e após a conclusão da laboração extrativa. Ademais elencam que em uma ação futura, possa ser convencionado o Plano de Vigilância Ambiental (ESP) cuja função é especificar o sistema de monitoramento e controle no decurso da preparação, exploração e restauração do projeto extrativo.

Também na Espanha, os resultados apontados por Jimeno *et al.* (2016) face a integração paisagísticas de pedreiras de extração de mármore na região de Monte Coto, localidade responsável por mais da metade das exportações espanholas de

mármore Crema Marfil, expressam sobre a possibilidade da inserção do uso público em pedreiras antigas inativadas, resultando em novos espaços contemporâneos que ofertam alternativas para o reestabelecimento das questões inerentes aos impactos ambientais e visuais, com restauração da paisagem

Marchevsky *et al.* (2018) analisam os estudos de impacto ambiental (EIA) junto a pedreira de “La represa”, na província de San Luis, na Argentina, que se sobressai pela exploração de rochas ornamentais desde o século XX. Os autores esclarecem que à atividade mineradora na região estudada, se constituir como fonte econômica primária para o desenvolvimento socioeconômico da localidade, sendo evidenciada como a componente ambiental crítica à questão inerente modificação de paisagem. Neste sentido os autores propõem medidas que possam remediar a alteração da paisagem, no curso da extração, tais como redução da altura das bancadas de extração, bem como após a conclusão da atividade extrativa, por meio de revegetação, drenagem, descompactação do terreno e incorporação da morfologia da área com a paisagem circundante.

Na Argentina, Roncallo e Rovere (2018) identificaram as particularidades das pedreiras situadas na cidade de San Carlos de Bariloche, cuja região experimentou um demasiado crescimento demográfico ao longo dos últimos anos, expansão urbana e por conseguinte a abertura de novas pedreiras e acréscimo na extração das pedreiras já existentes, com vista ao atendimento da demanda por novos materiais de construção civil. Segundo os autores foram localizadas e caracterizadas 21 pedreiras nas zonas urbanas e semiurbanas, sendo que se considerou com primaz a localização das jazidas abandonadas cujas alterações na paisagem e no ecossistema revelam um excessivo impacto ambiental e social, demandando as mesmas de proposta de encerramento com vistas a sua recuperação ou reconversão em áreas de interesse social.

Santos *et al.* (2014) classificam os impactos ambientais no município de Várzea- PB, Brasil, em função da atividade de extração de quartzito. Os autores verificam que as técnicas extrativistas executadas nesta região, provocam certas ameaças ambientais haja vista a modificação do relevo em função da formação de resíduos, desmatamento ampliando a futura desertificação, bem como risco ao aproveitamento de água potável, recurso já insuficiente no território avaliado.

Fabri *et al.* (2012) apresentam considerações a respeito da extração de rochas ornamentais no Brasil, face aos métodos de lavra e suas implicações perante o meio ambiente. Os autores elencam que ambos os tipos de lavra de rochas ornamentais, seja por matacões ou maciços rochosos, causariam impacto ao ecossistema, desde o desenvolvimento da jazida até o encerramento das atividades extrativas. Os autores concluem pela necessidade de intensificação de políticas públicas, monitoramento e fiscalização, bem como efetivação da responsabilidade socioambiental das mineradoras, em especial atendimento as comunidades que hospedam tais empreendimentos.

3.6 Exploração de rocha ornamental e desenvolvimento regional

Em Portugal, Quintas (2019) discorre sobre a rota do mármore do Anticlinal de Extremoz, na região do Alentejo, zona de extração de rochas ornamentais desde os tempos mais remotos. De acordo com os autores, por meio de experiência de turismo industrial que abrange o produto, investigação histórica, patrimonial, marketing e design, que auxilie os territórios envolvidos a conceber novas vivências, a partir de novos produtos com o mesmo recurso, o mármore pode ser vislumbrado como elemento cultural capaz de agregar valor, reforçando a identidade das comunidades como elemento singular.

Os estudos de Dino e Cavallo (2015) averigam as atividades contemporâneas históricas de extração de rocha ornamental na região transnacional entre o Vale de Ossola (Itália) e o Cantão Ticino (Suíça). Segundo os apontamentos dos autores, a extração, processamento e aplicabilidade no tempo remoto, incontestavelmente representaram a arquitetura e a atividade construtiva, instituindo uma relação entre pedra e cultura/território e recursos, todavia, atualmente a manutenção das tradições da atividade extrativa passam por um período de desinteresse. De acordo com os mesmos autores, o desaparecimento de tais conhecimentos, ser tornara permanente, caso não seja instituído um projeto que assegure o alinhamento da tradição do setor de rocha ornamental, patrimônio natural e recursos.

De acordo com as exposições de Schouenborg *et al.* (2015), acerca do chamado Halland gnaiss, espécie rara de rocha ornamental encontrado nas zonas costeiras da Suécia, nos quais prevalecem reivindicações de terrenos destinados ao patrimônio cultural, prevalecem severas preocupações quanto a continuidade de extração deste mineral. Os autores tendo em vista a relevância desta rocha ornamental sugerem que sejam efetivadas políticas públicas que a designem como patrimônio global, o que permitiria o resgate de pequenas pedreiras anteriormente em atividade e ainda normas de planejamento que possibilitem extrações futuras.

3.7 Arranjos produtivos locais, economia mineral e políticas públicas

Da Costa (2020) concentra-se em observar a atividade extrativa de rochas ornamentais no Arranjo Produtivo Local (APL) de Santo Antônio de Pádua, Rio de Janeiro- Brasil. A autora verifica, em que pese toda relevância geológica de região, que o setor de extração se concentra em áreas distritais, sendo que ele se desenvolveu de forma desorganizada partir da década de noventa, resultando na existência de diversas vulnerabilidades tais como a precarização de mão de obra, ilegalidade e ausência de fiscalização de normas ambientais e trabalhistas, técnicas rudimentares. Segundo a autora, ações inerentes a programas de capacitação, incentivo a formalização das empresas e ao avanço para criação de infraestrutura e tecnologia, se apresentam como alternativas viáveis para o estímulo ao desenvolvimento da região.

De acordo com Aznar-Sánchez *et al.* (2015), na Espanha, as pedreiras de mármore localizadas na região de Macael, encontram-se em plena atividade desde a antiguidade, mediante a existência de uma configuração que abraça a atividade extrativa, elaboração e comercialização da rocha ornamental. Verifica-se que a partir da década de 1980, ações de desenvolvimento de políticas públicas, possibilitaram a ascensão de uma aglomeração mineral para um distrito industrial de alto desempenho e resistência, baseadas em estratégias de particularização, internacionalização e cooperação empresarial. De acordo com os autores, a mudança em sua posição competitiva baseadas na alteração da vantagem comparativa (existência de recurso natural único) para vantagem competitiva, como pesquisa e inovação, qualificação de mão de obra qualificada e especializada, canais de negociação e marketing), impulsionou o setor, que é considerado referência internacional, dada a existência de uma empresa nodal no distrito, e sua posição de liderança em escala global.

Carvalho e Poubel (2013) procuram avaliar o gerenciamento de políticas públicas, considerada a reconfiguração espacial do município de Barra de São Francisco-ES, Brasil, tendo em vista o crescimento econômico da região em função das atividades de mineração inerentes as rochas ornamentais. Os autores salientam sobre a indispensabilidade da concepção de planos de uso e ocupação do solo apropriado, com vistas a manutenção das operações economicamente viáveis e minimização de transtornos vindouros.

Mello *et al.* (2018) averigam a relação entre a atividade extrativa de rochas ornamentais e ordenamento territorial junto ao polo produtor de mármore localizados no sul do Espírito Santo, considerado um dos maiores Arranjos Produtivos Locais de rocha ornamental no Brasil. Os autores concluem pela imprescindibilidade de estabelecimento de critérios e aplicabilidade dos mesmos frente as questões de ordenamento territorial e enaltecimento dos recursos geológicos, através de um Plano Setorial de Desenvolvimento Regional que contemple inovação, sustentabilidade ambiental, responsabilidade social e ordenação e valorização do território.

Os estudos de Salem (2021) acerca da indústria de mármore na Palestina, cuja atividade se revela como uma das mais significantes economicamente para a região aponta que a despeito de ser considerada próspera diante dos setores público e privado, carece de condutas a serem realizadas de forma imediata, no que tange a execução das seguintes ações: elaboração de políticas estratégicas para valorização do setor extrativo mineral, desenvolvimento de competitividade, ajuste de normas trabalhistas quanto a segurança em atendimento as orientações da OMS, bem como quanto aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável inerentes ao meio ambiente.

4. Considerações Finais

Considerada a finalidade da revisão bibliográfica aqui efetivada, oportunizou o reconhecimento de 44 trabalhos natureza nacional e internacional, desenvolvidos em países como Angola, Argentina, Brasil, Cuba, Egito, Irã, Itália, México, Palestina, Portugal, Suécia, Suíça, Tunísia, Turquia, que discorrem sobre experiências do setor extrativo de rochas ornamentais, quais sejam: aproveitamento do resíduo de rocha ornamental; estratégias de inovação e tecnologia mineral, inovação e mercado de rochas ornamentais; rocha ornamental e sustentabilidade; exploração de rocha ornamental e impacto ambiental; exploração de rocha ornamental e desenvolvimento regional; arranjos produtivos locais, economia mineral e políticas públicas.

A literatura contemplada revela que a temática com o maior número de artigos desenvolvidos se refere ao aproveitamento de resíduos de rochas ornamentais, com o quantitativo de 13 trabalhos. Na sequência se apresentam as temáticas estratégias de inovação e tecnologia mineral e exploração de rocha ornamental e impacto ambiental, respectivamente como o quantitativo de 09 cada. A temática como a menor expressão observada, diz respeito a experiências de inovação e mercado de rochas ornamentais, com 02 trabalhos identificados.

Considerada a literatura explorada, podemos observar que o Brasil se apresenta com a maior quantitativo de artigos levantados, totalizando 16 estudos, especialmente no que tange ao conteúdo referente à reutilização rejeitos de rocha ornamental seguido da Itália e Espanha com o somatório de 07 e 05 artigos, com expressivos estudos na temática de estratégias de inovação e tecnologia mineral.

Acredita-se que se devem tais fatos a consideração de que o Brasil se configura como um dos principais produtores mundiais de rochas ornamentais, em particular o mármore e o granito, sendo a rocha ornamental o 5º produto de base mineral mais exportado pelo Brasil. No que tange a Itália e a Espanha, além de suas posições avantajadas como países exportadores de rocha ornamental, há que se ressaltar que ambos se consagram como precursores no desenvolvimento de tecnologias de extração de mármore e granitos, repercutida ainda toda a relevância histórica dos mesmos na utilização de tais recursos naturais.

Ademais, em que pese à contemplação de artigos elaborados na Turquia e Irã, atualmente o segundo e terceiro colocados no ranque de fornecedores mundiais de rochas ornamentais, se pode constatar a ausência de estudos publicados pela China, hoje considerado o primeiro colocado na produção mundial de rocha ornamental.

Posto isso, convém elencar os elementos percebidos, que podem contribuir na elaboração de ações de fomento a atividade extrativa de rochas ornamentais no estado de Goiás, quais sejam: o aproveitamento de resíduos como alternativa para materiais utilizados na construção civil, junto a indústria de polímeros e ainda como fertilizante para correção do solo; avanços tecnológicos mediante a aplicação de técnicas de sondagem por radar e tomografia de resistência das jazidas e utilização de energia renovável; elaboração e implementação de políticas públicas destinadas a mitigação dos impactos socioambientais e socioculturais; estruturação de APL's; construção de novos modelos de comercialização internacional; turismo industrial e projetos de valorização dos territórios mineradores em relação a cultura e rocha/território e recursos naturais.

Destarte, conclui-se que as experiências extraídas mediante a presente revisão sistemática de literatura, oportuniza a identificação de ações inerentes as questões técnicas da atividade extrativa, mas igualmente as demandas econômicas e de formalização de políticas setoriais, considerados a articulação conjunta dos agentes públicos e privados como primordial para construção de estratégias efetivas para o fortalecimento da cadeia produtiva setor de mineração de rochas ornamentais goianas como um todo e o desenvolvimento regional do estado de Goiás.

Referências

Abdelkader, H. A., Hussein, M. M., & Ye, H. (2021). Influence of waste marble dust on the improvement of expansive clay soils. *Advances in Civil Engineering*, 2021, 1-13.

Almeida, K. S. D., Soares, R. A. L., & Matos, J. M. E. D. (2020). Efeito de resíduos de gesso e de granito em produtos da indústria de cerâmica vermelha: revisão bibliográfica. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 25(1), e-12568.

- Andrade, L., Figueiredo, J., & Tlemçani, M. (2021). A new RFID-identification strategy applied to the marble extraction industry. *Electronics*, 10(4), 491.
- Aznar-Sánchez, J. Á., Carretero Gómez, A., & Velasco Muñoz, J. F. (2015). An industrial district around a mining resource: the case of marble of Macael in Almería. *Investigaciones Regionales*, 32, 133-148.
- Bacarji, E., Toledo Filho, R. D., Koenders, E. A. B., Figueiredo, E. P., & Lopes, J. L. M. P. (2013). Sustainability perspective of marble and granite residues as concrete fillers. *Construction and Building Materials*, 45, 1-10.
- Barba, P., Alarcón Martínez, V., Gómez Lucas, I., & Navarro Pedreño, J. (2021). Mitigation of environmental impacts in ornamental rock and limestone aggregate quarries in arid and semi-arid areas. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 7(4), 565-586.
- Benjeddou, O., & Alwetaishi, M. (2021). Valorization of Powder Obtained from Marble Sludge Waste and Its Suitability as a Mineral Filler. *Crystals*, 11(6), 619.
- Bonetto, S. M. R., Vagnon, F., Umili, G., Vianello, D., Migliazza, M. R., & Ferrero, A. M. (2021). The contribution of remotely sensed data to the stress state evaluation in underground marble quarries. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 24(1), 1-13.
- Cartaya-Pire, M., Ruiz-Batistapau, L., & Otaño-Nogel, J. (2018). Caracterización geomecánica de las rocas ornamentales del yacimiento Bottichino I, provincia de Granma. *Minería y Geología*, 34(3), 289-301.
- Carvalho, E. A. S., Vilela, N. D. F., Monteiro, S. N., Vieira, C. M. F., & Silva, L. C. D. (2018). Novel artificial ornamental stone developed with quarry waste in epoxy composite. *Materials Research*, 21.
- Carvalho, F. C., & Poubel, I. (2013). “Metamorfose do espaço habitado” em função de uma nova atividade econômica: a exploração de rochas ornamentais e a valorização do solo no município de Barra de São Francisco-Norte do Espírito Santo. *GeoTextos*, 9(2).
- Cavalcanti, L. F. M., Oliveira, F. M. C., Melo, E. B., Fernandes, A. C. G., & Santos, A. C. (2019). “Granito Azul Sucuru”: da preocupação ambiental às alternativas de reaproveitamento pela caracterização tecnológica. *Terrae Didactica*, 15, e019013.
- da Costa, K. L. H. (2020). O desenvolvimento dos distritos com base na atividade de extração/beneficiamento de rochas ornamentais em Santo Antônio de Pádua-RJ. *Revista Interdisciplinar Pensamento Científico*, 6(3), 1-14.
- Dantas, F. A., & Freitas, L. S. (2014). Sustentabilidade da indústria mineral no município de Pedra Lavrada-PB: um estudo a partir do uso do ISM-Índice de Sustentabilidade da Mineração. *Revista Universo Contabil*, 10(2), 144-160.
- Dino, G. A., & Cavallo, A. (2015). Ornamental stones of the Verbano Cusio Ossola quarry district: characterization of materials, quarrying techniques and history and relevance to local and national heritage. *Geological Society, London, Special Publications*, 407(1), 187-200.
- Elkarmoty, M., Colla, C., Gabrielli, E., Kasmaeeyazdi, S., Tinti, F., Bonduà, S., & Bruno, R. (2017). Mapping and modelling fractures using ground penetrating radar for ornamental stone assessment and recovery optimization: Two case studies. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik (The Mining-Geological-Petroleum Engineering Bulletin)*, 32(4), 63-76.
- Fabri, E. S., Nalini Júnior, H. A., & Leite, M. G. P. (2012). Exploração de rochas ornamentais e meio ambiente. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 26, 189-197.
- Guarçoni, A., & Fanton, C. J. (2011). Resíduo de beneficiamento do granito como fertilizante alternativo na cultura do café. *Revista Ciência Agronômica*, 42, 16-26.
- Günkaya, Z., Karacasulu, L., Evliyaoğlu, G., & Çiftçi, M. (2018). Life cycle assessment of marble plate production. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 521-527.
- Jimeno, C. L., Torrijos, I. D., & González, C. M. (2016). Mines, quarries and landscape. Visuality and transformation. *Management Systems in Production Engineering*, 22(2), 110-122.
- Kambuta-Tchivikwa, C. J., & Ulloa-Carcassés, M. (2020). Criterios de sustentabilidad para la explotación de granito en la provincia de Huila, Angola. *Minería y Geología*, 36(3), 351-365.
- Marchevsky, N. J., Giubergia, A. A., & Ponce, N. H. (2018). Evaluación de impacto ambiental de la cantera “La Represa”, en la provincia de San Luis, Argentina. *Tecnura*, 22(56), 51-61.
- Martínez, J., Montiel, V., Rey, J., Cañadas, F., & Vera, P. (2017). Utilization of integrated geophysical techniques to delineate the extraction of mining bench of ornamental rocks (marble). *Remote Sensing*, 9(12), 1322.
- Mello, E. F., de Almeida, C. N., Coelho, J. M., de Barros, L. A., & Araújo, R. N. P. (2018). O Polo Produtor de Mármore do Sul do Espírito Santo, Brasil: Ordenamento Territorial e Desenvolvimento Sustentável em Regiões Caracterizadas por Mineração em Pequena Escala. *Anuário do Instituto de Geociências*, 41(1), 36-51.
- Modolo, R. C. E., Bragança, H. B. N., Fialho, M. L., & Maciel, E. F. (2017). Critérios a serem adotados na adequação de áreas para depósitos de lama do beneficiamento de rochas ornamentais do município de Cachoeiro de Itapemirim (ES/Brasil). *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 6(3), 181-200.
- Pagani, R. N., Kovaleski, J. L., & Resende, L. M. (2015). Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. *Scientometrics*, 105(3), 2109-2135.
- Pagani, R. N., Kovaleski, J. L., & de Resende, L. M. (2017). Avanços na composição da Methodi Ordinatio para revisão sistemática de literatura. *Ciência da Informação*, 46(2).

- Paixão-Barradas, S., Hernandis Ortuño, B., Maciel Pacheco, K. M., & Agudo Vicente, B. (2014). Integración del diseño en las empresas portuguesas, del sector de la transformación de la Piedra Natural: definición de un perfil. *Innovar*, 24(53), 211-221.
- Piccini, L., Di Lorenzo, T., Costagliola, P., & Galassi, D. M. P. (2019). Marble slurry's impact on groundwater: the case study of the Apuan Alps Karst Aquifers. *Water*, 11(12), 2462.
- Ponce-Palafox, C., Carrillo, J., & López-Montelongo, A. (2020). Fabricación de ladrillos con polvo-residuo de mármol en México Propiedades físicas y mecánicas del polvo-residuo de mármol de la provincia de la Comarca Lagunera, en México. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 22(2), 106-113.
- Quintas, A. (2019). Rota do Mármore do Anticlinal de Estremoz: Uma forma diferente de conhecer o melhor do Alentejo. *Callipole Revista de Cultura*, 26, 243-249.
- Rahnamabargard, Z., Sajjadi, A., Naddaf, H., & Kharghani, M. (2020). Environmental Impact Assessment of Granite and Marble stone quarries Using RIAM and Iranian Leopold Matrix Methods. *Journal of Research in Environmental Health*, 5(4), 330-340.
- Rey, J., Martínez, J., Vera, P., Ruiz, N., Cañadas, F., & Montiel, V. (2015). Ground-penetrating radar method used for the characterisation of ornamental stone quarries. *Construction and Building Materials*, 77, 439-447.
- Ribeiro, R. C. D. C., Vidal, F. W. H., Oliveira, M. G. D., & Arruda, C. M. R. (2012). Aproveitamento do resíduo do mármore bege Bahia no setor polimérico. *HOLOS*, 28(6), 162-168.
- Roncallo, L., & Rovere, A. E. (2018). Minería urbana en San Carlos de Bariloche: identificación y caracterización de canteras. *Serie Correlación Geológica*, 34(1), 1-6.
- Salem, H. S. (2021). Evaluation of the Stone and Marble Industry in Palestine: environmental, geological, health, socioeconomic, cultural, and legal perspectives, in view of sustainable development. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(22), 28058-28080.
- Santos, D. A., Gurgel, M. T., Mota, A. F., & Paiva, F. Í. G. (2014). Extração mineral de quartzito e sua aplicabilidade na construção civil na cidade de várzea-PB. *Holos*, 4, 89-100.
- Saraçlı, S., Kiliç, İ., Doğan, İ., & Gazeloğlu, C. (2013). An application of data envelopment analysis on marble factories. *Journal of Inequalities and Applications*, 2013(1), 1-8.
- Schouenborg, B., Andersson, J., Göransson, M., & Lundqvist, I. (2015). The Hallandia gneiss, a Swedish heritage stone resource. *Geological Society, London, Special Publications*, 407(1), 35-48.
- Silva Neto, R., & Silvestre, B. D. S. (2013). Inovação tecnológica como agente de redução de impactos ambientais da indústria de rochas ornamentais no estado do Rio de Janeiro. *Ambiente Construído*, 13, 235-252.
- Souza, N. S. L. D., Anjos, M. A. S. D., Sá, M. D. V. V. A. D., Farias, E. C. D., & Mello, L. C. D. A. (2020). Desenvolvimento de agregados leves a partir de resíduo de corte de pedras ornamentais (granitos e mármore) e argila. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 25(1).
- Teixeira, F. R., Magalhães, F. C., Wally, G. B., Sell Junior, F. K., Paliga, C. M., & Torres, A. S. (2020). Use of ornamental rock waste as a partial substitute for binder in the production of structural concrete. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, 13(3), 501-514.
- Tozsın, G., Oztas, T., Arol, A. I., Kalkan, E., & Duyar, O. (2014). The effects of marble wastes on soil properties and hazelnut yield. *Journal of Cleaner Production*, 81, 146-149.
- Uhlemann, S., Chambers, J., Falck, W. E., Tirado Alonso, A., Fernández González, J. L., & Espín de Gea, A. (2018). Applying electrical resistivity tomography in ornamental stone mining: Challenges and solutions. *Minerals*, 8(11), 491.
- Vagnon, F., Dino, G. A., Umili, G., Cardu, M., & Ferrero, A. M. (2020). New developments for the sustainable exploitation of ornamental stone in Carrara Basin. *Sustainability*, 12(22), 9374.
- Vanneschi, C., Salvini, R., Massa, G., Riccucci, S., & Borsani, A. (2014). Geological 3D modeling for excavation activity in an underground marble quarry in the Apuan Alps (Italy). *Computers & Geosciences*, 69, 41-54.
- Vidal, F. W. H., Azevedo, H. C. A. D., & Castro, N. F. (2013). Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI. Disponível em http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1733/1/CCL00020014_CAPITULO_04_opt.pdf