



DA LAMA AO FIBRO – REVISÃO DE INSTRUÇÃO NORMATIVA POR MEIO DE EXPOSIÇÃO DE ESTUDOS APLICADOS E ESTRATÉGIAS DE GESTÃO DE EQUIPES

Alexandre Vianna Bahiense¹
Michel Adriano Rabbi²

RESUMO

Objetivo: o objetivo deste estudo é apresentar uma metodologia para revisão da IN 19/2005, a fim de potencializar o uso dos resíduos do beneficiamento de rocha ornamental em materiais de construção, transformando um material sem aplicação nobre em Fino do Beneficiamento de Rocha Ornamental – Fibro.

Referencial Teórico: a bibliografia apresentada se concentra na conceituação do material de estudo, os resíduos do beneficiamento, os desafios e impactos ambientais associados aos mesmos, assim como suas aplicações em materiais de construção. São abordados aspectos referentes a validação técnica e sobretudo ambiental, além dos instrumentos e estratégias necessários para potencializar seu reaproveitamento.

Método: A metodologia adotada para esta pesquisa compreende a apresentação de estudos relacionados ao uso de resíduos do beneficiamento em materiais de construção, visando validá-los do ponto de vista técnico e ambiental. Com base nessas validações, aplicou-se a estratégia metodológica de pesquisa-ação crítico-colaborativa com a finalidade de gerir equipes para contribuir com os analistas ambientais, demais pesquisadores e sociedade organizada na revisão da IN 19/2005.

Resultados e Discussão: Os resultados obtidos proporcionaram uma completa revisão das normativas ambientais aplicadas no estado do Espírito Santo – Brasil, culminando na celebração da Instrução Normativa nº 12/2023, assim como o Termo de Referência para Reuso de Fibro em Empresas de Fabricação de Artefatos de Cerâmica e Concreto. A metodologia aplicada contribuiu para criação desses instrumentos de modo a equalizar os anseios de pesquisadores, setor mineral e licenciamento ambiental.

Implicações da Pesquisa: As implicações da pesquisa foram a criação de um instrumento de licenciamento ambiental de modo a pacificar e padronizar as exigências mínimas na apresentação e aprovação de projetos de reaproveitamento de Fibro. Com isso, incentivando o uso de Fibro em materiais de construção em prol do desenvolvimento de novos materiais aliados ao desenvolvimento sustentável.

Originalidade/Valor: Este estudo contribui para a literatura mostrando uma ampla revisão bibliográfica do uso de resíduos de beneficiamento de rochas, que, juntamente com uma estratégia metodológica de gestão de equipes técnicas promoveu a criação de um instrumento para pacificar e incentivar projetos dessa natureza. Os resultados impactam diretamente no desenvolvimento de materiais não convencionais, assim como aspectos socioambientais e econômicos.

Palavras-chave: Fibro, Resíduo, Rocha Ornamental, Pesquisa-ação Crítico-colaborativa.

FROM SLUDGE TO FIBRO: REVISING NORMATIVE INSTRUCTION THROUGH APPLIED STUDIES AND TEAM MANAGEMENT STRATEGIES

ABSTRACT

Objective: The objective of this study is to present a methodology for revising Normative Instruction No. 19/2005 to enhance the use of waste from ornamental stone processing in construction materials, transforming a material with limited applications into Fine Waste from Ornamental Stone Processing (Fibro).

¹ Instituto Federal do Espírito Santo, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo, Brasil.

E-mail: alexandre.bahiense@ifes.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4678-1709>

² Instituto Capixaba de Gestão, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo, Brasil.

E-mail: michel@institutocapixabadegestao.com.br Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-2867-4388>



Theoretical Framework: The presented bibliography focuses on defining the study material—processing waste—the associated environmental challenges and impacts, as well as their applications in construction materials. It addresses aspects related to technical and especially environmental validation, along with the necessary instruments and strategies to enhance their reuse.

Method: The methodology adopted for this research includes presenting studies related to the use of processing waste in construction materials, aiming to validate them from technical and environmental perspectives. Based on these validations, a critical-collaborative action research strategy was applied to manage teams contributing to environmental analysts, other researchers, and organized society in revising Normative Instruction No. 19/2005.

Results and Discussion: The obtained results led to a comprehensive review of environmental regulations applied in the state of Espírito Santo, Brazil, culminating in the establishment of Normative Instruction No. 12/2023, as well as the Terms of Reference for the Reuse of Fibro in Ceramic and Concrete Artifact Manufacturing Companies. The applied methodology contributed to the creation of these instruments, balancing the interests of researchers, the mineral sector, and environmental licensing.

Research Implications: The research implications include the creation of an environmental licensing instrument to standardize and harmonize the minimum requirements for presenting and approving Fibro reuse projects. This encourages the use of Fibro in construction materials, promoting the development of new materials aligned with sustainable development.

Originality/Value: This study contributes to the literature by presenting an extensive bibliographic review on the use of ornamental stone processing waste, which, combined with a methodological strategy for managing technical teams, promoted the creation of an instrument to harmonize and encourage such projects. The results directly impact the development of non-conventional materials, as well as socio-environmental and economic aspects.

Keywords: Fibro, Waste, Ornamental Stone, Critical-collaborative Action Research.

DEL LODO AL FIBRO – REVISIÓN DE INSTRUCCIÓN NORMATIVA MEDIANTE LA EXPOSICIÓN DE ESTUDIOS APLICADOS Y ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE EQUIPOS

RESUMEN

Objetivo: El objetivo de este estudio es presentar una metodología para la revisión de la IN 19/2005, con el fin de potenciar el uso de los residuos del procesamiento de rocas ornamentales en materiales de construcción, transformando un material sin aplicación noble en Finos del Beneficiamiento de Rocas Ornamentales – Fibro.

Marco Teórico: La bibliografía presentada se centra en la conceptualización del material de estudio, los residuos del procesamiento, los desafíos e impactos ambientales asociados a los mismos, así como sus aplicaciones en materiales de construcción. Se abordan aspectos relacionados con la validación técnica y, sobre todo, ambiental, además de los instrumentos y estrategias necesarios para potenciar su reutilización.

Método: La metodología adoptada para esta investigación comprende la presentación de estudios relacionados con el uso de residuos del procesamiento en materiales de construcción, con el objetivo de validarlos desde el punto de vista técnico y ambiental. Con base en estas validaciones, se aplicó la estrategia metodológica de investigación-acción crítico-colaborativa con la finalidad de gestionar equipos para contribuir con los analistas ambientales, demás investigadores y la sociedad organizada en la revisión de la IN 19/2005.

Resultados y Discusión: Los resultados obtenidos proporcionaron una completa revisión de las normativas ambientales aplicadas en el estado de Espírito Santo – Brasil, culminando en la promulgación de la Instrucción Normativa N° 12/2023, así como el Término de Referencia para la Reutilización de Fibro en Empresas de Fabricación de Artefactos de Cerámica y Concreto. La metodología aplicada contribuyó a la creación de estos instrumentos de manera que se equilibraran las expectativas de los investigadores, el sector mineral y el licenciamiento ambiental.

Implicaciones de la Investigación: Las implicaciones de la investigación fueron la creación de un instrumento de licenciamiento ambiental con el fin de pacificar y estandarizar las exigencias mínimas en la presentación y aprobación de proyectos de reutilización de Fibro. Con ello, se incentiva el uso de Fibro en materiales de construcción en pro del desarrollo de nuevos materiales alineados con el desarrollo sostenible.



Originalidad/Valor: Este estudio contribuye a la literatura mostrando una amplia revisión bibliográfica sobre el uso de residuos del procesamiento de rocas, que, junto con una estrategia metodológica de gestión de equipos técnicos, promovió la creación de un instrumento para pacificar e incentivar proyectos de esta naturaleza. Los resultados impactan directamente en el desarrollo de materiales no convencionales, así como en aspectos socioambientales y económicos.

Palabras clave: Fibro, Residuo, Roca Ornamental, Investigación-acción Crítico-colaborativa.

RGSA adota a Licença de Atribuição CC BY do Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



1 INTRODUÇÃO

O estado do Espírito Santo – Brasil tem como uma das principais vocações de sua economia a indústria do beneficiamento de rochas ornamentais. Esta atividade, apesar ganhos econômicos, gera problemas quanto aos resíduos produzidos, os quais demandam soluções quanto ao destino, principalmente os de maior volume, as até então chamadas lamas do beneficiamento de rochas ornamentais (Bahiense, 2021).

Ao longo do tempo, esses resíduos foram se tornando um sério problema ambiental pois, uma vez postos em locais inadequados, provocam danos ao meio ambiente devido à contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e ao assoreamento dos rios e córregos, geração de poeira e impactos visuais, além de ocupar grandes áreas próximas às empresas que poderiam ser utilizadas para outros fins (Bahiense, 2012).

Todavia, uma forma de disposição adequada é em aterros industriais, atitude amplamente adotada pelo setor produtivo atualmente. Apesar de devidamente licenciados ambientalmente, esses aterros funcionam, na maioria das vezes, apenas como um local de disposição final, não sendo aplicadas medidas de reaproveitamento em outras cadeias produtivas. Vale ressaltar que eles ainda possuem um elevado custo de manutenção e operação, além da necessidade de grandes áreas para seu funcionamento (Bahiense, 2011).

Uma das formas alternativas para destinação desse resíduo é o reaproveitamento em outros seguimentos, tais como a indústria da construção civil.

Como forma de disciplinar, do ponto de vista do licenciamento ambiental tais possibilidades de reúso e reaproveitamento, o Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo – Iema, entidade que tem por finalidade planejar, coordenar, executar, fiscalizar e controlar as atividades de meio ambiente e dos recursos naturais do estado



do Espírito Santo, Brasil, dispõe de instrumentos normativos denominados Instruções Normativas (IN).

Especificamente, a IN 19/2005, a qual definia procedimentos de licenciamento das atividades de beneficiamento de rochas ornamentais, era adotada nos casos de projetos relacionados ao reaproveitamento dos resíduos de rocha ornamental. Acontece que ao longo do tempo, devido generalidade da IN citada e, sobretudo, por não ter um foco direcionado a indicar as diretrizes objetivas para as iniciativas de reaproveitamento, observou-se que projetos com essa perspectiva se tornavam cada vez mais de difícil aprovação e entendimento por parte dos proponentes, uma vez que os mesmos também necessitavam de licenciamento ambiental em alguma parcela. Tornou-se, portanto, imprescindível a realização de uma revisão IN N 19/2005.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo geral apresentar a metodologia de propostas para revisão da IN 19/2025, a fim de potencializar o uso dos resíduos do beneficiamento de rocha ornamental em materiais de construção, transformando essa lama em Fino do Beneficiamento de Rocha Ornamental – Fibro.

Os objetivos específicos são os seguintes:

- Análise da Instrução Normativa – IN N 19/2005, suas deficiências e aplicabilidades no âmbito do reaproveitamento de resíduos;
- Revisão bibliográfica de estudos relacionados ao reaproveitamento de resíduos de beneficiamento de rochas ornamentais em materiais de construção de matrizes cimentícias e cerâmicas;
- Promoção de reuniões de alinhamento técnico com pesquisadores, políticos, representantes do setor produtivo e analistas ambientais;
- Aplicação da estratégia metodológica de pesquisa-ação critico-colaborativa para gestão de equipes;
- Apresentação de propostas para reformulação da IN n 19/2005.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 QUANTO AOS ASPECTOS TÉCNICOS E REGULATÓRIOS DOS RESÍDUOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS

As rochas ornamentais fazem parte de um segmento do setor mineral que visa utilização de materiais rochosos para fins de ornamentação e revestimento. O Brasil possui um lugar



significativo na produção mundial de rochas ornamentais, com destaque para o estado do Espírito Santo (Bahense, 2023).

Comercialmente, as rochas ornamentais têm sido usualmente denominadas de “mármore” e “granitos”, produtos que perfazem a maior parte da produção mundial. Assim, a grosso modo, considera-se “mármore” o conjunto das rochas carbonáticas e “granito” o conjunto das rochas silicáticas os quais apresentam condições de desdobramento e de beneficiamento para fins ornamentais e de revestimento (Bezerra, 2017).

Os resíduos gerados em sua maior parte, são provenientes das várias etapas do beneficiamento, principalmente na serragem para enquadrá-los nas dimensões padronizadas e do processo de corte e de polimento. Estes por sua vez, foram por muito tempo denominados de lamas do beneficiamento de rochas ornamentais.

Em geral, a destinação final desses resíduos é para aterros industriais, os quais demandam de grandes áreas e recursos para sua construção e manutenção, sobretudo pelo controle de recebimento, confecção de grandes estruturas de barragens, entre outros, servindo, na maioria dos casos, apenas como local de disposição final. As Figuras 1 e 2 mostram o resíduo gerado e um aterro industrial licenciado respectivamente.

Figura 1

Lama em empresa para posterior destinação final.





Figura 2

Aterro industrial



A gestão desses resíduos impõe grandes desafios ao setor produtivo, principalmente no que se refere ao seu armazenamento (GONDIM *et. al.*, 2022).

A geração de resíduos é acentuada alcançando a marca de até 30% dos blocos de rocha serrados. Além disso é concentrada em poucos polos produtores (Moreira, *et. al.* 2021; Mathielo *et. al.*, 2019), com destaque para a região sul do Estado do Espírito Santo-Brasil. Pode-se estimar de 2 a 2,5 milhões de toneladas por ano no Brasil, principalmente durante a extração e corte de blocos, bem como o polimento e corte de chapas (Zulcão, *et. al.*, 2020; Venturoti, *et. al.*, 2019; Bahiense, *et. al.*, 2021).

Como forma alternativa de destinação final, tem-se a reintrodução e reaproveitamento na indústria da construção civil, que por sua vez, é uma grande consumidora de matérias primas naturais, tais como agregados graúdos e miúdos e de granulometria fina. Com isso, este segmento tem se mostrado como uma boa opção na confecção de materiais de construção de composição alternativa (Hanumesh, 2018).

Como parte da abordagem de integração no desenvolvimento sustentável, os materiais alternativos e que incorporam algum tipo de resíduo apresentam um grande interesse na fabricação de construção civil (Kesikidou, 2019).

Sendo assim, propostas de destinação adequada aos resíduos de mineração são de extrema importância, tanto do ponto de vista sócio ambiental, quanto do ponto de vista técnico e econômico.

De maneira geral, empreendimentos situados no estado do Espírito Santo sujeitos a licenciamento ambiental e que propusessem o reaproveitamento das lamas do beneficiamento de rochas, estavam submetidas a Instrução Normativa – IN N° 19/2005, do Instituto Estadual



do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo – Iema, além de demais exigências que este órgão entendesse necessárias.

A Instrução Normativa Nº 019 de 16 de agosto de 2005 dispõe sobre a definição dos procedimentos de licenciamento das atividades de beneficiamento de rochas ornamentais. No item I, do Artigo 1º dessa normativa aponta que a mesma possui como objetivo “definir as diretrizes técnicas para o gerenciamento dos efluentes líquidos industriais e dos resíduos sólidos provenientes das indústrias de beneficiamento de rochas ornamentais”.

Todavia, percebeu-se no transcorrer do texto que a instrução não aborda especificamente possibilidades de reúso dos resíduos como forma de destinação final, principalmente no que se refere ao reaproveitamento em materiais de construção civil, principal alternativa atualmente.

Importante destacar, devido a patente ausência de regulação da reintrodução das lamas em outras cadeias produtivas, o Artigo 13º que diz: “O IEMA, se reserva ao direito de fazer novas exigências as quais entender pertinentes para fins do regular licenciamento”. Essa ausência de critérios objetivos pode ser imputada como uma das deficiências da instrução, uma vez que a mesma era silente com relação ao tema.

Com isso, com a normativa a qual até então se dispunha, o que se observou foi uma série de requisitos impostos para ações de reaproveitamento de resíduo de rocha, entre eles estudos, análises, caracterizações, comprovações entre outras exigências, que não se via por exemplo para uso de materiais convencionais da construção civil (sem adição desse resíduo).

Normalmente, materiais de construção tais como os de matrizes cimentícias (argamassas e concretos de cimento Portland) ou cerâmicos incorporados com resíduos eram considerados como se resíduos fossem, uma vez que na análise dos projetos apresentados visando validação e licenciamento ambiental, se aplicavam as caracterizações preconizadas na NBR 10004-1:2004 - Resíduos sólidos – Classificação; NBR 10005:2004 - Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólido e NBR 10006:2004 - Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos.

Nessa toada, além do alto custo e complexibilidade dos ensaios e estudos necessários conforme as normas citadas, não se levava em conta o potencial de solidificação/estabilização que os materiais em questão são capazes de produzir, ou seja, a capacidade de inertização/imobilização de resíduos os quais matrizes cerâmica e de cimento Portland são capazes de promover (Bahiense, 2021).

Na busca de incentivar projetos de reúso e, além disso, desmitificar sua aplicação em materiais de construção, se deu a revisão IN Nº 19/2005, que contou com Analistas do Iema,



avaliação de estudos destinados a referida revisão, consultas com os setores produtivos e pesquisadores de tema, reuniões de discussão e alinhamento e técnico, além de uma revisão bibliográfica específica dos materiais propostos.

2.2 QUANTO À ESTRATÉGIA METODOLÓGICA PARA AS REUNIÕES

Diante do exposto até aqui, cabe refletir que se tinha uma normativa a ser atualizada e os “atores” envolvidos eram pesquisadores, políticos, representantes do setor produtivo e analistas ambientais, cada um com sua concepção, visão e interesses sobre as questões envolvidas nessa atualização necessária. Uma nova instrução normativa, demandava que os sujeitos atuantes no processo se libertassem de suas amarras e tivessem, de certa forma, uma atitude emancipatória.

A prática emancipatória tem como objetivo contribuir com a libertação das pessoas das “[...] amarras das estruturas sociais irracionais, improdutivas, injustas e insatisfatórias que limitam seu autodesenvolvimento e sua autodeterminação” (KEMMIS & WILKINSON, 2002, p. 47). A consciência que as pessoas têm de suas condições de trabalho, dos limites de uma atuação profissional individualizada e compartimentada, bem como da situação social política e econômica a qual influencia a vida profissional do coletivo, está intimamente relacionada as decisões do grupo, quanto a atuar emancipatoriamente ou não. Por sua vez, tal decisão não está na dependência da vontade individual de alguns e sim de um coletivo organizado e decidido a construir o seu próprio destino (AZEVEDO, 2008).

Nesse sentido, a estratégia metodológica de pesquisa-ação crítico-colaborativa se mostrou promissora ao ser adotada para as reuniões de reflexão e ação em prol de uma nova instrução normativa. Ela foi utilizada numa perspectiva emancipatória. Segundo Pimenta (2002), se há uma participação consciente e deliberada por parte de todos os sujeitos, muitas são as oportunidades criadas por estes para se libertarem de “[...] mitos e preconceitos que organizam suas defesas à mudança e reorganizam a sua autoconcepção de sujeitos históricos”.

A pesquisa-ação crítico-colaborativa foi utilizada neste trabalho, no qual os sujeitos são, conforme mencionado anteriormente, pesquisadores, políticos, representantes do setor produtivo e analistas ambientais (Rabbi, 2016). Esta concepção de pesquisa-ação foi construída segundo autores como Azevedo (2008), Kemmis & Wilkinson (2002), Monceau (2005), Pereira & Zeichner (2002), e Tripp (2005). É crítica colaborativa, baseada nas atualizações da perspectiva de Schön (1992) proposta por Pimenta (2002) e Ghedin (2002), no contexto da formação continuada de professores. O grande desafio desse trabalho foi transpor e adequar as



reflexões mediadas para o contexto dos novos sujeitos em questão, que aqui não eram professores em formação.

A pesquisa-ação é um processo social no qual as relações estabelecidas na escola para proporcionar a aprendizagem dos sujeitos que nela atuam, a temporalidade e a memória embutidas em cada espaço e em cada sujeito, bem como as contradições sociais imersas em seu cotidiano, a caracterizam como um contexto social (AZEVEDO, 2008).

A pesquisa-ação como um processo social, está alicerçada em seu caráter participativo e colaborativo. É um processo que permite aos sujeitos o estudo da própria prática com a intenção de mudar. Quando esta prática é construída por um grupo e por ele estudada e validada, dizemos se referir a uma pesquisa participativa (KEMMIS; WILKINSON, 2002). É colaborativa porque aqueles que a realizam, “[...] almejam trabalhar juntos na reconstrução de suas interações sociais, por meio da reconstrução de atos que as constituem. É uma pesquisa feita “com” outros” Freire (Ibid. p. 47).

O conceito de pesquisa-ação incorpora a ideia de um coletivo o qual elege seus problemas comuns e se debruça sobre estes em busca de soluções. É um processo que “permite captar dificuldades de exercício encontradas por equipes para convertê-las em questionamento num procedimento de formação” (MONCEAU, 2005).

As buscas por soluções pressupõem a identificação e compreensão do problema pelos sujeitos, o planejamento de ações, a implementação das ações, um controle sobre estas ações, a reflexão e avaliação sobre os resultados, caracterizando os ciclos da pesquisa-ação.

Foram adotados ainda ciclos espirais auto-reflexivos, movimentados pelas reflexões e ações realizadas em situações de comunicação e colaboração (Pereira & Zeichner, 2002; Kemmis & Wilkinson, 2002 e Tripp, 2005):

O trabalho realizado em uma pesquisa-ação consiste em um conjunto de atividades, cujos objetivos e ações são frutos das necessidades do grupo, empenhado em resolver seus problemas comuns. As reflexões também coletivas são momentos de análises e de revisão do trabalho realizado. Estas análises, subsequentemente, geram novos planejamentos, novas ações e novas reflexões. Por isso, fala-se em ciclos, em movimentos geradores de outros movimentos, nos quais não há um começo e um fim explícito, nem o velho e o novo e, muito menos, o certo e o errado. Em um ciclo auto-reflexivo, é sempre tempo de refazer e recomeçar (AZEVEDO, 2008).

Além disso, a pesquisa-ação se constitui colaborativa pelo diálogo, instrumento que media a comunicação constante entre os professores. Por meio do diálogo é que a prática se consubstancia em colaborativa, propiciando, acima de tudo, as trocas e a cooperação mútua.



Pimenta (2002) procura ampliar o conceito de “pesquisa-ação colaborativa” para “pesquisa-ação crítico-colaborativa”. Apoiada em Franco (2004), define que a condição para se desenvolver uma pesquisa-ação crítica é o mergulho na práxis do grupo social em estudo, desvendando as perspectivas e criando possibilidades para que as mudanças sejam geridas no coletivo (FRANCO, 2004 apud PIMENTA, 2002).

Entende-se que a pesquisa-ação, para ser crítica e colaborativa, deve considerar a voz do sujeito, “mas não apenas para registro e posterior interpretação do pesquisador e sim para compor a tessitura da metodologia de investigação” (PIMENTA, 2002, p. 535). Ou seja, o processo de investigação deve ser construído a várias mãos com interesses e objetivos comuns, o que foi acontecendo durante as reuniões.

Por fim, para que a pesquisa-ação seja colaborativa, crítica e emancipatória, é imprescindível a existência da prática reflexiva. A reflexão é o elemento que conduz a análise e a continuidade do processo (RABBI, 2016).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Conforme demonstrado, o ramo de materiais de construção é possui grande potencial de absorção de resíduos. Neste sentido, as propostas de reforma normativa orbitaram em torno de dois grandes seguimentos de materiais: os cerâmicos e os de matriz cimentícia – argamassas e concretos de cimento Portland.

A grande preocupação até então exposta pelos agentes do licenciamento ambiental, era a periculosidade e/ou possíveis influências negativas ao meio ambiente que os materiais de construção pudessem ter após a incorporação dos resíduos, sobretudo com a capacidade de retenção ou solubilidade dos elementos químicos existentes no resíduo tais como óxido de ferro (Fe_2O_3), alumina (Al_2O_3), fenol, entre outros.

Neste foco, a metodologia consistiu primeiramente da exposição um conjunto de trabalhos relativos ao reuso do resíduo de rocha nos materiais considerando aspectos técnicos e ambientais, assim como a caracterização da própria lama. Esses estudos prévios serviram de base para as reuniões de reformulação em conjunto com demais pesquisadores e analistas ambientais, além das reuniões também com a presença de representantes dos setores produtivos e políticos.

Em seguida, serão apresentadas as caracterizações química, física e mineralógica do resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais, bem como os materiais e métodos, referentes



à matriz cimentícia e a matriz de cerâmicos. Ao final dessa seção, apresenta-se os materiais e métodos para as reuniões de reflexão e ação.

3.1 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, FÍSICA E MINERALÓGICA DO RESÍDUO DO BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Caracterização química

Bahiense *et. al.*, 2007 avaliaram a composição química semiquantitativa através da espectroscopia de raios X por dispersão de energia. O material proveniente de tear de lâminas possuía teor de sílica (SiO_2) superior a 62 % e o de alumina (Al_2O_3) de aproximadamente 16 %, concluindo que o resíduo é proveniente de rochas graníticas e gnaisses em sua maioria, contendo minerais como o quartzo, feldspatos e micas (muscovita e biotita). Os teores de CaO (4,61 %) e Fe_2O_3 (6,97 %) encontrados são principalmente devido aos constituintes do próprio resíduo, assim como da adição de granalha e óxido de cálcio como lubrificante e abrasivo no processo de serragem das rochas. Já Bahiense *et. al.*, (2011 e 2012), ainda com resíduo de tear de lâminas, observaram um teor de sílica (SiO_2) superior a 63% e alumina (Al_2O_3) de aproximadamente 14%.

Confrontando essas duas pesquisas nota-se pequena variabilidade das composições químicas do material.

Caracterização física

De acordo com Bahiense *et. al.*, (2007), o resíduo (tear de lâminas) apresentou aproximadamente de 86 % de material passante na peneira ABNT N°. 200 (abertura de 0,075 mm), sendo classificado como um silte-areno-argiloso (71 % de fração silte, 17 % de fração areia e 12 % de fração argila) segundo a NBR 6502/2022. Com isso, considera-se um comportamento filler na constituição de elementos de matriz cimentícia. Ainda segundo a NBR 6502/2022 a massa específica real dos grãos do resíduo, foi de $3,01 \text{ g/cm}^3$, finura de 14% retida na peneira ABNT N° 200.

Também com resíduo de tear de lâminas, Bahiense *et. al.* (2011, 2012 e 2021) caracterizou uma densidade real dos grãos de $2,86 \text{ g/cm}^3$ e densidade aparente seca máxima $1,47 \text{ g/cm}^3$, com de 80 % de material passante na peneira 200, com uma finura de 22% retida na peneira 200.

Utilizando amostras de resíduos de tear multifio diamantado, ou seja, sem elementos abrasivos como a granalha metálica e lubrificantes como a Cal Hidratada, Bahiense (2021) obteve cerca de 94% de partículas finas, caracterizando a mesma com fração



predominantemente siltosa. A densidade real dos grãos foi de $2,59 \text{ g/cm}^3$ e finura de 6% retida na peneira 200.

Comparando as três amostras estudadas, percebe-se que a distribuição granulométrica dos materiais é uniforme e pouco variável, com grande percentual de partículas finas, potencializando seu uso como filler em materiais cimentícios.

Caracterização mineralógica

Por meio de difratograma de raios X da amostra de lama de tear de lâminas, Bahiense (2007) verificou picos de difração característicos das fases cristalinas referentes ao quartzo (sílica - SiO_2), microclina (feldspato potássico - KAlSi_3O_8), albita (feldspato sódico - $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), cordierita ($\text{Mg}_2\text{Al}_3(\text{AlSi}_5)\text{O}_{18}$) e ilita/mica, com picos característicos dos minerais constituintes das rochas ornamentais. Não se observou fases amorfas significativas, sendo, portanto, elemento não ativo na constituição dos concretos e argamassas, não podendo ser atribuído ao mesmo a função aglomerante. Todavia, evidencia presença de elementos fundentes, que potencializa o uso em cerâmica.

3.2 MATERIAIS DE MATRIZ CIMENTÍCIA COM RESÍDUO

Argamassas

Bahiense (2007), desenvolveu um procedimento de dosagem numérico experimental de argamassas com uso de resíduo. Os modelos dosagem apontaram potenciais de incorporação de resíduo de 20, 30 e 40 % em massa, totalizando 576 corpos-de-prova para ensaios de compressão axial para as faixas de dosagem propostas. Os resultados obtidos demonstraram, em todos os cenários propostos, que à medida que se aumenta a proporção do resíduo na mistura em relação à proporção areia, cresceu a resistência à compressão das argamassas, tornando viável tecnicamente a incorporação do resíduo conforme o comportamento mecânico requisitado, que variou de 6 a 46 MPa, demonstrando ótimo desempenho.

Bahiense 2021, com uso de ferramentas de dosagem racional e estatística, definiu composições (traços) de acordo com as propriedades desejadas: resistência a compressão e flexão, módulo de elasticidade, resistência ao arrancamento, densidade, absorção de água e consistência. Após isso, aplicou-se procedimentos de durabilidade acelerada em laboratório, por meio de ciclos de secagem e saturação, simulando o intemperismo natural, sendo a saturação feita em dois cenários: água destilada e água destilada com cloreto de sódio, sendo neste último caso simulando a exposição do material em ambientes marinhos. Foram feitos 30 ciclos de secagem e saturação, de 12 em 12h, sendo secos a 110°C e saturados em seguida.



A pesquisa trouxe uma requintada abordagem, baseada em estudos de dosagem numérica/experimental, empacotamento de partículas, Microscopia Eletrônica de Varredura e Análise térmica / termogravimétrica.

As composições adotadas variaram de 10, 15, 25, 37,5 e 50 % de substituição de resíduo em massa. Os resultados apontaram bom desempenho para as argamassas, inclusive com ganho nas propriedades mesmo após a aplicação dos processos de degradação acelerada.

Concretos

Estudos de Bahiense (2011) e Bahiense *et. al.*, (2012) em dosagens de concretos para pavimentos intertravados com uso de resíduo de teares de lâminas com teores de incorporação de até 25% em massa dos agregados (20% da massa total), demonstraram que os resultados mecânicos alcançaram valores médios de 36,70 MPa o que consiste em excelente comportamento mecânico.

Caracterização ambiental:

- Norma brasileira ABNT

A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, por meio das NBR 10004-1:2004; NBR 10005:2004 e NBR 10006:2004 requisitos para a obtenção de extrato lixiviado e solubilizado dos resíduos sólidos. Ambos os procedimentos determinam que o tamanho das partículas das amostras não deve ser superior a peneira de malha de 9,5 mm. Caso contrário, a amostra deve ser triturada até que atenda ao requisito acima.

Sendo assim, ensaios de caracterização ambiental em materiais de construção civil, segundo a norma brasileira, não consideram o material intacto, o que aumenta consideravelmente sua área específica. Além disso, a metodologia nacional trata o material de construção com incorporação de resíduo como se um resíduo fosse desconsiderando a capacidade de estabilização que a pasta de cimento promove nos grãos de resíduo.

Bahiense *et. al.*, 2021 realizaram uma caracterização de concretos com uso de resíduo, no qual comparou duas formas de caracterização ambiental dos materiais: com o material triturado (em pó) e com o material intacto. Nos ensaios de lixiviação e solubilização foram encontrados uma gama de elementos químicos, que fazem parte da constituição do concreto, tais como o cimento e areia, que possuem origem mineral natural, além de CaO e granalha metálica por ser um material de teares de lâminas.

Vale ressaltar que naquele processo produtivo, os teares, são periodicamente lubrificados com elementos graxos. Esses óleos ou substâncias oleosas acabam, no fim de cada serrada, entrando em contato com a água que é usada na lavagem dos teares ou das chapas,



fazendo com que se incorporem na constituição do resíduo final. Com isso, pode-se verificar a existência de compostos derivados de petróleo na caracterização, como por exemplo, os fenóis.

Ressalta-se que atualmente, com a tecnologia dos teares de fios diamantados, esses inconvenientes tornam-se cada vez mais raros, uma vez que não são utilizados tais elementos lubrificantes, abrasivos e manutenções tão agressivas

O estudo concluiu, considerando os limites e a metodologia estabelecidos pela norma brasileira, que o material é classificado como Resíduo Classe II-B INERTE, segundo a NBR 10.004/2004.

- Norma francesa AFNOR

Nessa mesma pesquisa foi considerada como referência a AFNOR - ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION (norma francesa), que traz a técnica de Solidificação/Estabilização, por meio do procedimento descritos na AFNOR XPX 31-211a para caracterização ambiental. O procedimento considera as amostras intactas, ou seja, sem trituração, potencializando a escala real de uso dos materiais incorporados com resíduo.

A estabilização refere-se às técnicas que reduzem quimicamente o potencial perigoso de um resíduo, convertendo seus contaminantes em formas menos solúveis, móveis ou tóxicas. Por meio da obtenção do extrato lixiviado da norma francesa (material integro), este sofreu uma caracterização ecotoxicológica, a fim de verificar sua toxicidade. A toxicidade é medida por meio de mortalidade de algas em meio aos extratos.

Os resultados de ecotoxicidade aguda (algas *Daphnia similis*) indicam a necessidade de uma diluição do lixiviado, onde valores ideais indicam menores ou iguais a 1 (um). A ecotoxicidade crônica com algas *Ceriodaphnia dubia* e *Chlorophyceae* indicam também percentual de diluição e Fator de Toxicidade (FT) respectivamente. O FT neste método varia em uma escala 0 a 100, ou seja, 0 a 100% de diluição da amostra.

A título de comparação, para verificar a influência ambiental do resíduo na constituição do concreto, tomou-se como base uma classificação ecotoxicológica realizada em um material comercial, sem a adição do resíduo.

Comparando os valores de ecotoxicidade crônica e aguda dos materiais comerciais com os incorporados com resíduo, verificou-se que ambos os materiais tiveram os mesmos valores numéricos de toxicidade, com Utc (unidade de toxicidade crônica) e Uta (unidade de toxicidade aguda) ambos iguais a 2, que indica necessidade de 50% de diluição. Com relação ao FT, ocorreram valores muito próximos e da mesma ordem de grandeza, podendo-se considerar a diferença insignificante, com material comercial em 41% e com resíduo em 45% de diluição.



Pode-se então aferir que a introdução do resíduo na mistura não influenciou na reatividade do lixiviado com o meio.

Conforme expostos os resultados de argamassas e concretos, pode-se afirmar o bom desempenho tecnológico e ambiental dos materiais de matriz cimentícia com uso do resíduo de rocha ornamental, uma vez que a adição do resíduo por si só não configura aumento na toxicidade, além de conferir aos materiais bom desempenho técnico para as dosagens estudadas.

3.3 MATERIAIS CERÂMICOS COM RESÍDUO

Caracterização tecnológica

Gadioli *et. al.*, 2017 apresentou um estudo com sobre incorporação do resíduo em cerâmica vermelha. As conclusões foram:

- O resíduo de rochas ornamentais pode ser incorporado em cerâmica argilosa como uma solução vantajosa tecnologicamente e ambientalmente correta;
- O resíduo possui em sua composição quartzo, que pode atuar como inerte durante a queima e feldspatos (microclina e albita) que podem contribuir na sinterização dos corpos cerâmicos;
- O resíduo é classificado como não inerte, mas quando é utilizado na cerâmica, torna-se inerte após a queima da cerâmica, devido os seus constituintes poluentes ficarem fixados na matriz cerâmica, tornando-se inertes os resíduos dessa cerâmica e assim, sendo viável sua utilização em cerâmica.

Caracterização ambiental

Assim como ocorre com os matérias de matriz cimentícia, a preocupação ambiental com a adição dos resíduos de rocha em materiais cerâmicos sempre foi a imobilização de metais e elementos perigosos como os Fenóis, assim como emissões gasosas no processo de queima. Biolo (2005) apresentou um amplo estudo de adição de areia de fundição em cerâmicas vermelhas. O resíduo de seu estudo apresenta metais como ferro, níquel, alumínio, cromo, chumbo, zinco, além de resinas fenólicas, que, comparado ao resíduo de rocha, possui teores muito mais acentuados. O estudo levou às seguintes conclusões:

- Segundo a NBR 10004, a areia de fundição e as massas cerâmicas sem e com 10% de areia de fundição são classificadas como Não Perigosos- Classe II A – Não Inertes;
- Não foram encontrados poluentes em concentrações elevadas nos extratos de lavagem das emissões gasosas. A adição da areia verde não elevou a concentração destes, sendo o fenol e os surfactantes não detectados;



- Segundo a NBR 10004, os blocos cerâmicos sem e com areia de fundição, produzidos/investigados caracterizam-se como Não Perigosos - Classe II A – Não Inertes;
- Não foram encontradas concentrações elevadas de poluentes nas emissões gasosas durante a queima dos blocos cerâmicos sem e com areia de fundição. O acréscimo de 10% de areia verde não elevou a concentração de nenhum poluente analisado.

Com isso, resta comprovada a viabilidade ambiental das cerâmicas com uso do resíduo de rocha ornamental, uma vez que, conforme demonstrado por Biolo (2005), o processo de queima faz com que se imobilize possíveis contaminantes existentes na lama, haja vista a imobilização feita na areia de fundição que possui teores de poluentes muito superiores. O mesmo se diz sobre possíveis emissões gasosas.

Sendo assim, da mesma forma que os produtos de matriz cimentícia, a literatura especializada indica que o aproveitamento dos resíduos do beneficiamento de rochas ornamentais é viável do ponto de vista tecnológico e ambiental para materiais de matriz cerâmica.

3.4 ESTRATÉGIA METODOLÓGICA DE GESTÃO DE EQUIPES E MATERIAIS

A pesquisa-ação crítico-reflexiva contou com a participação de pesquisadores do Instituto Federal do Espírito Santo – IFES, da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES e do Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, além de analistas ambientais do Iema, políticos do Governo do Estado do Espírito Santo e técnicos do Instituto Capixaba de Gestão – ICG. Estes últimos atuando como mediadores em situações de discussões e reflexões em equipe sob a ótica da pesquisa-ação crítico-reflexiva. Participaram também representantes do Sindicato da Indústria de Rochas Ornamentais, Cal e Calcários do Espírito Santo - SINDIROCHAS e da Associação Brasileira de Rochas Naturais – CENTRORochas.

Para isso, foram realizadas 3 (três) reuniões em separado com as equipes de pesquisa de cada instituição. Além de 4 (quatro) reuniões com as equipes de pesquisa de forma conjunta, sempre com a presença de pelo menos 01 (um) representante do setor produtivo em questão. Além disso, foram realizadas mais 03 (três) com políticos e analistas ambientais. Todas elas em prol da propositura e implementação de uma nova normativa para a utilização de “resíduos” do beneficiamento de rochas ornamentais, mediadas para reflexões e ações, de forma colaborativa em prol do coletivo. Ressalta-se que uma nova instrução normativa demandava que os sujeitos atuantes no processo se libertassem de suas amarras e tivessem uma atitude emancipatória.



Por fim, as reuniões aconteciam contando com uma estrutura de telas, apresentações, uma revisão bibliográfica que embasava tecnicamente as discussões, um estudo realizado pelo CETEM, IFES e UFES, financiado pelo governo do Espírito Santo, através de sua Fundação de Amparo à Pesquisa, alguns corpos de prova e materiais de papelaria.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A pesquisa-ação crítico-reflexiva, mediada pelos técnicos do Instituto Capixaba de Gestão – ICG, mostrou-se promissora como estratégia metodológica de gestão de equipes. A atitude emancipatória demandada pela situação aconteceu por parte dos participantes, na medida em que eles foram passando pelos ciclos de reflexão-ação de forma colaborativa.

Com relação à Instrução Normativa, no processo de estudos e consultas visando a revisão, especificamente, da IN° 19/2005, se buscava estabelecer critérios e procedimentos técnicos para o licenciamento ambiental e o controle preventivo dos potenciais impactos ambientais provenientes de empreendimentos de beneficiamento de rochas ornamentais. Especificamente, se buscava definir os critérios e procedimentos técnicos para o gerenciamento da Lama do Beneficiamento de Rochas Ornamentais (LBRO) nos empreendimentos que realizam o beneficiamento de rochas ornamentais.

Naquela época foi lançada para análise uma minuta de revisão da IN° 19/2005, assim como um Termo de Referência para Reuso de LBRO em Empresas de Fabricação de Artefatos de Cerâmica e Concreto. Estes documentos foram confrontados com os estudos aqui expostos juntamente com a estratégia metodológica de gestão de equipes (pesquisa-ação).

O Artigo 15°, §2° da Minuta de revisão da IN° 19/2005 relatava o seguinte:

§2° O empreendedor deverá apresentar o projeto específico do reuso dos resíduos do beneficiamento de rochas ornamentais, indicando a empresa receptora e a porcentagem de incorporação de resíduos, que deverão ser de no máximo 20% na indústria cerâmica e de 50% na indústria cimentícia/concreteira.

Já o Termo de Referência trazia critérios e exigências para viabilizar o reaproveitamento dos resíduos de rochas ornamentais, tanto para materiais cimentícios quanto para cerâmicos. A seguir apresenta-se o detalhamento do que constava neste termo de referência para os seguintes matérias:



4.1 MATERIAIS DE MATRIZ CIMENTÍCIA

Para o caso do uso de resíduo em materiais de matriz cimentícia, além do referido Termo solicitar um projeto específico para cada proposta de reaproveitamento acompanhado de uma série de ensaios de caracterização e requisitos, deveriam ser obedecidos alguns critérios a saber:

- Apresentava uma listagem com os requisitos para caracterização física do material;
- Determina o índice de finura máximo do resíduo em 12%.

Conforme visto nos trabalhos aqui expostos, se viu as caracterizações físicas do resíduo provenientes de diferentes formas de beneficiamento, seja de teares de lâminas ou mesmo proveniente de multifios. Observou-se que em todos os casos o resíduo apresentou teores de finos elevados, ou seja, grande percentual de material passante na peneira 200.

Também se observou que os índices de finura retido na peneira 200 foram de 6, 14 e 22%, em todos os casos sendo comprovados o desempenho mecânico para as propriedades analisadas, considerando as dosagens adotadas.

Percebeu-se então, que a fixação de teores de índice de finura menores ou iguais a 12% exclui uma enorme gama do quantitativo de resíduos disponíveis para reutilização, sem uma correlação com desempenho efetivo do material gerado.

- O material deveria ser submetido a ensaios de caracterização química dos óxidos;

Os trabalhos apresentados indicam que a composição química dos resíduos é muito semelhante, com altos teores de sílica da ordem de 60%, óxido de alumínio, ferro, potássio (aproximadamente 15, 6 e 7 respectivamente) e demais traços muito parecidos.

Com isso, foi demonstrada a pouca representatividade da realização de novos ensaios a cada resíduo a ser usado, uma vez que, conforme demonstrado nos trabalhos, o resíduo atua sobretudo como material agregado de fechamento, ou seja, como filler, e não reativo como o aglomerante cimento portland. Também não ocorreu, do ponto de vista ambiental, periculosidade devida às suas composições químicas à luz da análise ecotoxicológica apresentada.

- Necessidade do ensaio de espectrometria por fluorescência de raios X para comprovação dos parâmetros químicos;

Mostrou-se nessa coletânea picos característicos dos minerais constituintes das rochas ornamentais, sem fases amorfas significativas, afastando potenciais aglomerantes significativos.

- A fim de evitar reações deletérias expansivas após o uso do material, remete novamente à necessidade do índice de finura menor ou igual a 12%;



Conforme exposto, o resíduo não causa efeitos deletérios na matriz, inclusive em ações aceleradas em laboratório, em ambientes menos agressivos e com ataque salino. Com isso, torna-se desnecessária essa bateria de ensaios mediante a análise dos estudos expostos.

4.2 MATERIAIS CERÂMICOS

Assim como os materiais cimentícios, outra sequência de exigências era imposta aos materiais cerâmicos, como segue descrito no Termo de Referência em discussão à época:

- Deverão ser realizados testes conforme NBR 10005 e 10006 no artefato cerâmico contendo LBRO visando à classificação do seu resíduo e deve estar classificado como Classe II - não perigoso, conforme estabelecido na Norma ABNT NBR 10004 e/ou atender à legislação específica federal, estadual ou municipal, quando existente.
- A LBRO a ser utilizada deve estar classificado como Classe II, de acordo com a ABNT NBR 10004 e/ou atender à legislação específica federal, estadual ou municipal, quando existente.

Conforme demonstrado, a variabilidade química das amostras de lama é muito pequena, inclusive com estudos que comprovam incorporações de outros resíduos mais agressivos que indicam uma classificação Não Perigosos - Classe II A – Não Inerte, refletindo o potencial de solidificação/estabilização da massa cerâmica perante ao resíduo.

- A LBRO a ser utilizada não pode conter Fenóis totais em teores acima do valor máximo exigido para resíduos Classe II – inerte, de acordo com a norma NBR 10004 e/ou atender à legislação específica federal, estadual ou municipal, quando existente.

Como se sabe pela avaliação dos estudos aqui apresentados, a lama possui classificação predominante não perigosa Classe II. Portanto não cabe, do ponto de vista ambiental, a necessidade de apresentação de tal classificação. Além disso, ressalta-se que as emissões gasosas de cerâmicas incorporadas com resíduo de areia de fundição (altas concentrações de fenóis) não causam efeitos danosos ambientais. De acordo com os estudos mostrados não foram encontrados poluentes em concentrações elevadas nos extratos de lavagem das emissões gasosas. A adição da areia verde não elevou a concentração destes, sendo o fenol e os surfactantes não detectados.

- Fixação de teores de umidade máximo da lama e percentuais máximos de incorporação de resíduo;



Os teores de umidade já fazem parte de controle para transporte do material. Os percentuais de incorporação é critério tecnológico e em função da aplicação cerâmica, não sendo passíveis de restrição na fase de licenciamento ambiental.

- Eram solicitados na fase de apresentação da proposta, caracterizações tecnológicas dos artefatos cerâmicos a fim de obtenção de aprovação.

Conseguiu-se consenso em deixar esses critérios como requisito do processo produtivo e controle de qualidade da própria indústria cerâmica, uma vez que se trata de validação mercadológica do produto, inclusive exigência essa não imposta aos materiais cerâmicos convencionais.

5 CONCLUSÃO

Tendo em vista os estudos apresentados, as reuniões de alinhamento técnico com os agentes ambientais, pesquisadores e representantes dos setores produtivos à luz da estratégia metodológica de pesquisa-ação critico-colaborativa, a sociedade, chegou-se a um consenso que a exigência de apresentação de um projeto específico do reuso dos resíduos do beneficiamento de rochas ornamentais conforme itens mencionados no Termo de Referência em tela, assim como todas as caracterizações, determinação de percentuais de adição, entre outros, tornou-se demasiado desnecessário tendo em vista o rol de estudos já realizados sobre o tema.

Acolhidas as justificativas técnicas e alcançando consenso, foi então lançada a Instrução Normativa Nº 012-N De 22 de Agosto de 2023 em substituição a IN Nº 19/2005, juntamente com o Termo de Referência que atendeu a comunidade científica, os setores produtivos e, sobretudo, que teve como foco em proporcionar e incentivar projetos e produtos com o reaproveitamento dos subprodutos do beneficiamento de rocha ornamental.

Com isso, fazendo daquele resíduo, também chamada de lama, em um produto com valor agregado, com uso nobre e grande potencial de utilização na cadeia dos materiais de construção civil, os Finos do Beneficiamento de Rochas Ornamentais – Fibro.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal do Espírito Santo e ao Sindirochas pelo apoio técnico e financeiro.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 10004-1:2024 - Resíduos sólidos – Classificação;



- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 10005:2004 -Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólido;
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 10006:2004 Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos.
- Azevedo, M. N. (2008). Pesquisa-Ação e Atividades Investigativas na Aprendizagem da Docência em Ciências, Diss. de Mestrado, USP (2008) 235fls.
- Bahiense, A. V. (2007). Incorporação de Resíduo de Rocha Ornamental em Argamassas Utilizando Planejamento de Experimentos em Rede Simplex, Diss. Mestrado, UENF (2007) 159p.
- Bahiense, A., V. (2011). Pavimentos intertravados de matriz cimentícia incorporados com lama do beneficiamento de rochas ornamentais / Alexandre Vianna Bahiense. – Campos dos Goytacazes, 2011. vii, 137 f. : il. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais) --Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciência e Tecnologia. Laboratório de Materiais Avançados. Campos dos Goytacazes, 2011.
- Bahiense, A. V.; Monteiro, S. N.,Vieira, C. M. F., Alexandre, J. (2012). Factorial Design for Experimental Planning of Sludge Waste Incorporated Cement Pavements. Materials Science Forum Vols. 727-728 pp 1717-1722 (2012).
- Bahiense, A. V.; Monteiro, S. N.,Vieira, C. M. F., Alexandre, J. (2012). Effect of ornamental rock sludge on the strength and densification of cement pavement blocks. Materials Science Forum Vols. 727-728 pp 1723-1728 (2012).
- Bahiense, A. V.;, Alexandre, J.; Xavier, G. C.; Azevedo, A. R. G; Monteiro, S. N. (2021). Dosage of interlocking paving with ornamental rock waste: An experimental design approach, particle packing and polluting potential. Case Studies in Construction Materials, Volume 15, 2021, e00596, ISSN 2214-5095, <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00596>.
- Bahiense, A. V. (2021). Dosagem, propriedades mecânicas e durabilidade de argamassas incorporadas com resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais e argilominerais. 2021. 164 f. Relatório Final (Pós-doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2021. <https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/1190>.
- Bahiense, A.V. *et. al.* (2023). Impactos e Análise do Desempenho Econômico da Indústria de Rochas Ornamentais do Espírito Santo em Tempos de Pandemia. Revista Foco. v.16. n.7. p. 01-15. Curitiba – PR. DOI: 10.54751/revistafoco.v16n7-054.
- Gadioli, M. C. B.; Pizeta, P. P.; Aguiar, M. C.; (2017). Cerâmica incorporada com resíduo de rochas ornamentais proveniente da serragem de blocos utilizando tear multifio: caracterização ambiental. 6th International Workshop | Advances in Cleaner Production – Academic Work.
- Gondim, T. F. *et. al.* Potencialidade de uso do resíduo da Scheelita em sistemas de cobertura de aterro de resíduos. Eng Sanit Ambiental, v. 27 n. 3, maio/jun 2022, p. 597-606, 2022.
- Hanumesh, B. M., Harish B Ab , N.Venkata Ramana (2018). *Influence of Polypropylene Fibres on Recycled Aggregate Concrete*. Materials Today: Proceedings 5 (2018) 1147–1155.



Instrução Normativa Nº 012-N de 22 de Agosto de 2023. Instituto Estadual de Meio ambiente e Recursos Hídricos – Iema.

Kemmis, S.; Wilkinson M (2002). *Pesquisa-ação participativa e o estudo da prática*. Pereira, Júlio E. Diniz e Zeichner, Kenneth M. *A pesquisa na formação e no trabalho docente*. Belo Horizonte: Autêntica. p.47.

Kesikidou, F. , Maria Stefanidoua (2019). Natural fiber-reinforced mortars. *Journal of Building Engineering* 25 (2019) 100786.

Mathielo, J.G.; Júnior, A.C.; Bonamico, E.A.; Júnior, U.L.G. Produção Limpa e Riscos Ambientais. ABIROCHAS, 2019. Disp. em: <<http://cms.academiadarocha.com.br/wp-content/uploads/2019/08/5d653e1aa76ae.pdf>>. Acessado em 16 de abril de 2020.

Monceau, G. (2005). Transformar as práticas para conhecê-las: pesquisa-ação e profissionalização docente. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, FEUSP, v. 31, n. 3, set-dez 2005.

Moreira, B. C.; Neves, M. A.; Pinheiro, M. M.; Nascimento, W. A. R.; Barbosa, J. L. B.; Horn, A. H. (2021). Depósitos de Resíduos de Rochas Ornamentais: Composição, Dimensionamento e Possíveis Usos no Setor de Construção Civil. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 40, n. 2, p. 525 - 538, 2021.

Pereira, J. E. D.; Zeichner, K. M. (2002). *A pesquisa na formação e no trabalho docente*. Belo Horizonte, Autêntica.

Pimenta, S.G. (2002). *Professor reflexivo: construindo uma crítica*. Professor Reflexivo no Brasil. (gênese e crítica de um conceito). Pimenta, S.G. & Ghedin, E. São Paulo: Cortez Editora.

Rabbi. M. A. (2016) *O diálogo entre teoria e prática: uma formação continuada de professores de ciências em serviço utilizando o Diagrama V/ Michel Adriano Rabbi*. – Vitória, 2016. vii, 177 f. : il. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal do Espírito Santo. Programa de Pós-Graduação em Educação/CE/UFES. Vitória, 2016.

Schön, D. A. (1992). *Formar professores como profissionais reflexivos*. Os professores e a sua formação. Lisboa: Nóvoa (org.), Dom Quixote.

Tripp, D. (2005). *Pesquisa-ação: uma introdução metodológica*. Educação e Pesquisa, São Paulo, FEUSP. v. 31, n. 3, set/dez. 2005.

Venturoti, G.P.; França, J.B.; Kiffer, W.P.; Francisco, A.P.; Gomes, A.S.; Gomes, L.C.; Toxic effects of ornamental stone processing waste effluents on *Geophagus brasiliensis* (Teleostei: cichlidae), *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 72 (2019) (2019), 103268, <https://doi.org/10.1016/j.etap.2019.103268>.

Zulcão, R.; Calmon, J. L.; Rebello, T.A.; Vieira, D.R. *Life cycle assessment of the ornamental stone processing waste use in cement-based building materials*, *Constr. Build. Mater.* 257 (2020) (2020), 119523, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119523>.