



Coordenação de Rochas Ornamentais - CORON
Centro de Tecnologia Mineral - CETEM
Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações - MCTI

**NORMATIZAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS EM
ARTEFATOS DE CERÂMICA VERMELHA E À BASE DE CIMENTO PORTLAND**

**Utilização de finos do beneficiamento de rochas ornamentais na produção de
materiais e componentes construtivos à base de cimento portland – requisitos**

Francisco Wilson Hollanda Vidal

Coordenador do Projeto edital 233/2018 – FUNCITEC

Engenheiro de Minas, D.Sc.

Geilma Lima Vieira

Eng. Civil, Dra., Profa. UFES

Janaína dos Santos Vazzoler

Eng. Civil, M.Sc UFES

Cachoeiro de Itapemirim, abril de 2021

**DNP 0004-01-21 – Proposta Normas FiBRO Matrizes cimentícias, FUNCITEC/MCI -
RESOLUÇÃO N° 233/2018.**

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um grande produtor de rochas ornamentais. O estado do Espírito Santo é o um dos maiores produtores no País. A maior parte da produção se encontra na região Sudeste do Brasil. Segundo ABIROCHAS (2020), O Espírito Santo é responsável por cerca de 40% da produção e por 80%, da exportação brasileira de rochas ornamentais.

As etapas de lavra e beneficiamento de rochas ornamentais geram perdas consideráveis de resíduos, que ao longo da cadeia produtiva representam perdas da ordem de até 90%. Esses resíduos são oriundos de duas categorias principais: resíduos grosseiros provenientes da etapa de extração ou lavra nas pedreiras; e resíduos finos das indústrias de beneficiamento. A maioria deles são os resíduos grossos da lavra, normalmente dos blocos fora do padrão de mercado, além de outros irregulares, que dependendo do método da lavra bem como do tipo geológico e da própria rocha, podem atingir perdas de milhões de toneladas como por exemplo: pedreiras de quartzitos geralmente tem perdas entre 80-90%. No beneficiamento ocorrem também perda de resíduos grossos no aparelhamento dos blocos, de nome conhecido no setor por casqueiro, em torno de 14%. Na transformação do bloco em chapas na serraria é produzido os resíduos finos do beneficiamento que chamamos de FiBRO, gerando um passivo de 26% em volume de bloco. Estimam que no Brasil, hoje são gerados anualmente cerca de 2,5 milhões de toneladas de resíduos finos, dos quais somente no Estado do Espírito Santo são depositados em aterros associativos e particulares 2,0 milhões toneladas. Estimam que no Brasil foram gerados nos últimos 10 anos mais de 25 milhões de toneladas dos resíduos finos. Além da quantidade considerável, o problema agrava-se visto que a maioria das indústrias não gerencia corretamente o manejo de seus resíduos.

O CETEM vem, desde 1997 até os tempos atuais, realizando programas de apoio às micro, pequenas e médias empresas, principalmente aquelas que atuam na extração e beneficiamento de rochas ornamentais, mediante a realização de apoio tecnológico aos mineradores, no sentido de aumentar a produtividade, contribuir na melhoria da qualidade dos produtos, nas condições de higiene e segurança do trabalho e na redução de perdas de material nas etapas da cadeia produtiva. Estas perdas de material são representadas pela grande quantidade de resíduos gerada, principalmente, nas etapas de extração e beneficiamento da rocha.

Os resíduos são uma preocupação crescente para o setor de rocha ornamental brasileiro, pois seu descarte inadequado pode causar problemas ambientais. Contudo, os

resíduos de rochas possuem características relevantes para serem utilizados como matérias-primas na fabricação de novos produtos e já são utilizados para fabricação de diversos materiais, em especial para a fabricação de cerâmica vermelha e de cimento.

Estudos recentes mostram a viabilidade técnica de aproveitamento dos resíduos gerado no beneficiamento de rochas ornamentais. Segundo a pesquisa realizada por Degen et al., (2013), Foram produzidos concretos com substituição de 0%, 5%, 10% e 15% no intuito de avaliar suas propriedades mecânicas e os resultados puderam comprovar que a incorporação de resíduos provenientes do beneficiamento de rochas ornamentais não afetou o desempenho dos concretos produzidos em determinadas proporções, tanto com relação à resistência a compressão axial, quanto à resistência à tração por compressão diametral, podendo ser utilizado como um substituto parcial do cimento.

VAZZOLER, J. S; VIEIRA, G. L; TELES, C. R; DEGEN, M. K; TEIXEIRA, R. 2018, pesquisa o potencial de uso de resíduos do beneficiamento de rochas ornamentais em componentes de concretos à base de cimento Portland.

XAVIER. B. C. 2019, realizou pesquisa comparando o concreto autoadensável com a adição de resíduos do beneficiamento de rochas ornamentais com o concreto autoadensável.

O panorama atual da utilização desses materiais finos gerados no processo de beneficiamento de rochas ornamentais na produção de matrizes de cimento Portland está aquém de sua real capacidade, visto que não há normalização adequada para assegurar seu uso para essa finalidade. Tendo isso em vista, torna-se imprescindível que sejam confeccionadas normas técnicas capazes de direcionar esses resíduos para fábricas de materiais à base de cimento Portland, já que os estudos demonstram que há viabilidade técnica para tal procedimento. Com isso, o material que estaria ocupando espaço nos aterros industriais volta então ao ciclo de produção.

O uso dos resíduos para fabricação de novos materiais contribui para a redução de consumo de matérias-primas naturais, diminuição da quantidade de resíduos a ser descartada na natureza, além de agregar valor a um resíduo indesejável e gerar, dessa forma, maior economia para o setor e mitigação do impacto ambiental.

O mundo tem se deparado com a questão ambiental, principalmente relacionada com o gerenciamento de resíduos. A geração de resíduos é inerente a qualquer processo de transformação de materiais ou produção. No modelo da Economia Circular os materiais são reutilizados, recuperados e reciclados objetivando um ciclo fechado e

resíduo zero. Os resíduos gerados no processamento de rochas ornamentais são depositados em aterros, sem nenhum tratamento para eliminação ou redução dos contaminantes presentes. Esses aterros são depósitos, e os resíduos podem permanecer nesses locais por determinado período de tempo. No Estado do Espírito Santo há aproximadamente 44 aterros licenciados.

Dessa forma, com o objetivo de contribuir com o desenvolvimento sustentável do setor e, sendo que um de seus principais problemas é a grande quantidade de lama abrasiva acumulada nesses aterros, LIMA (2014) elaborou um estudo com o intuito de realizar uma classificação ambiental dos resíduos no aterro da Associação Ambiental Monte Líbano — AAMOL. Inicialmente foi realizado um levantamento planialtimétrico da área em questão, locação de uma malha com 20 pontos de sondagem e amostragem dos resíduos. Baseando-se na norma ABNT NBR 10004:2004, obtiveram-se os seguintes resultados:

- Todas as 20 amostras foram classificadas como resíduos não perigosos Classe II;
- 18 dessas amostras foram classificadas como resíduo não perigoso classe II A (não inerte) por ter ultrapassado o limite, conforme a norma, para parâmetros como Al, Fe, Pb, Mn e fenóis e;
- 2 amostras como resíduo não perigoso classe II B (inerte), por não ter ultrapassado os limites conforme norma citada.

Os resíduos foram amostrados de forma a caracterizar o aterro inteiro e, assim, foram misturados resíduos novos com antigos. A presença de materiais inertes entre as amostras sugere que pode se melhorar a gestão do aterro realizando-se uma pré-classificação dos resíduos que chegam à área da AAMOL, para fazer uma deposição segregada em função de seu potencial poluidor e em função das suas características químicas, o que facilitaria, também, sua utilização industrial no futuro (LIMA, 2014).

O projeto desenvolvido foi financiado pelo Governo do Estado do Espírito Santo pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo – FAPES. O título do projeto é “NORMATIZAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS EM ARTEFATOS DE CERÂMICA VERMELHA E À BASE DE CIMENTO PORTLAND”.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

O objetivo do projeto é a normatização da utilização do resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais em artefatos de cerâmica vermelha e componentes construtivos à base de cimento Portland.

Subprojeto 1: Propor norma para utilização do resíduo na indústria cerâmica.

Subprojeto 2: Propor norma para utilização do resíduo em concreto.

2.2 ESPECÍFICO

- Realização de atividades de amostragem de resíduos do beneficiamento de rochas ornamentais;

- Caracterização física, química, mineralógica e morfológica (análise química, difração de raios-X, distribuição de tamanho de partículas, densidade, análise térmica e análise morfológica) dos resíduos de rochas ornamentais;

- Caracterização ambiental dos resíduos de acordo com as normas NBR 10005, 10006 e 10004;

- Definição de composições ótimas de utilização de resíduo de rochas em artefatos de cerâmica vermelha e artefatos de concreto;

- Determinação dos melhores parâmetros (composição e temperatura) para produzir cerâmicas vermelhas com resíduos de rochas ornamentais;
- Produção de artefatos cerâmicos e de concretos de cimento Portland;
- Ensaios tecnológicos e análise micro estrutural nos produtos com resíduos;
- Caracterização ambiental dos produtos com resíduos;
- Divulgação dos resultados;
- Publicação de artigos;
- Formação de recursos humanos;
- Articulação com os setores industriais (empresas, associações, entidades), instituições de ensino e pesquisa e institutos tecnológicos e de órgãos públicos regulamentadores, licenciadores e fiscalizadores de requisitos ambientais das atividades industriais; e
- Elaboração de propostas de normas técnicas junto com as entidades organizadas, para utilização dos resíduos em tijolo, telha e concreto.

3. METAS

Contribuir para a redução de consumo de matérias-primas naturais, diminuição da quantidade de resíduos finos a serem descartados na natureza, além de agregar valor a um resíduo indesejável, possibilitando a geração de novos empreendimentos, a mitigação do impacto ambiental, a inserção de novos produtos no mercado e, conseqüentemente, o desenvolvimento sustentável do setor brasileiro de rochas ornamentais e da construção civil.

4. NORMAS

O objetivo do projeto em geral foi a elaboração da proposta de instrução normativa para utilização do resíduo de rochas ornamentais em artefatos de cerâmica vermelha e concreto à base de cimento Portland. A criação desta proposta engloba tanto a área de artefatos de cerâmica vermelha, quanto os de concreto.

O foco principal foi elaborar as propostas de instrução normativas dentro das condicionantes dos constituintes químicos e mineralógicos presentes nos resíduos finos do beneficiamento de rochas ornamentais. A pesquisa como um todo, também abrange

os diversos aterros de resíduos finos de rochas ornamentais. Uma das principais análises é para a desmistificação da nocividade dos resíduos de rochas ornamentais.

Este projeto objetiva de forma específica a utilização dos resíduos finos do beneficiamento de rochas ornamentais para a criação de artefatos de cerâmica vermelha e concreto.

A parte de pesquisas ambientais e análises mais profundas sobre os assuntos faz parte do projeto “CARACTERIZAÇÃO DA LAMA ABRASIVA E DOS DEPÓSITOS DE RESÍDUOS DO BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS VISANDO À ADEQUAÇÃO DA NORMATIVA AMBIENTAL E DESTINAÇÃO DE MATERIAIS, FUNCITEC/MCI”. Este segundo projeto é de responsabilidade da DSc Mirna Aparecida Neves, professora da UFES.

A seguir em anexo esta apresentado a Proposta Instrução Normativa IEMA.

Dispõe sobre requisitos para a utilização de resíduos finos do beneficiamento de rochas ornamentais em artefatos de componentes construtivos à base de cimento Portland.

PROPOSTA

INSTRUÇÃO NORMATIVA IEMA Nº XX, DE XX-XX-2021

DOE XX-XX-2021

Dispõe sobre requisitos para incorporação dos finos de beneficiamento de rochas ornamentais na produção de materiais e componentes construtivos à base de cimento Portland.

UTILIZAÇÃO DE FINOS DO BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS NA PRODUÇÃO DE MATERIAIS E COMPONENTES CONSTRUTIVOS À BASE DE CIMENTO PORTLAND – REQUISITOS

O DIRETOR PRESIDENTE DO INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS, no uso de suas atribuições legais previstas na Lei Complementar nº 248, de 26 de junho de 2002, e no art.33, inciso VII do Decreto Estadual nº 1.382-R, de 7 de outubro de 2004, que aprovou o seu Regulamento, e;

Considerando que o órgão ambiental competente poderá complementar através de Instruções, Normas, Diretrizes e outros atos administrativos, mediante instrumento específico, o que se fizer necessário à implementação e ao funcionamento do Decreto Estadual nº 4039, de 7 de dezembro de 2016, que dispõe sobre o Sistema de Licenciamento e Controle das Atividades Poluidoras ou Degradoras do Meio Ambiente, denominado SILCAP, observando o disposto nas Leis e neste Decreto, e nos limites de suas atribuições legais, RESOLVE:

Art. 1º. A presente Instrução Normativa foi elaborada com base em ampla produção científica existente sobre o tema e objetiva dar viabilidade técnica à utilização dos finos de beneficiamento de rochas ornamentais (FiBRO) na produção de matrizes cimentícias; dar segurança à incorporação dos finos de beneficiamento de rochas ornamentais na produção de concretos, argamassas, materiais e componentes construtivos à base de cimento Portland e, com isso, possibilitar à indústria da construção civil maior variabilidade de produtos à base de cimento Portland. Também, diminuir o impacto ambiental causado tanto pela indústria de rochas ornamentais quanto pela indústria da construção civil.

Art. 2º Constitui objetivo específico desta Instrução Normativa:

Estabelecer os requisitos exigíveis para a incorporação de finos do beneficiamento de rochas ornamentais na produção de matrizes cimentícias à base de cimento Portland.

Art. 3º Para os efeitos desta Instrução Normativa serão adotadas as seguintes referências normativas:

São apresentadas a seguir normas que dispõem sobre os materiais constituintes de matrizes cimentícias e seus produtos, sendo importante a verificação das versões mais recentes dessas aqui citadas, tendo em vista que toda norma está sujeita a revisão e atualização.

ABNT NBR NM 15, *Cimento Portland – Análise química – Determinação de resíduo insolúvel*

ABNT NBR NM 18, *Cimento Portland – Análise química – Determinação de perda ao fogo*

ABNT NBR NM 26, *Agregados - Amostragem*

ABNT NBR NM 30, *Agregado miúdo – Determinação da absorção de água*

ABNT NBR NM 52, *Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente*

ABNT NBR 6457, *Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização*

ABNT NBR 6467, *Agregados – Determinação do inchamento de agregado miúdo – Método de ensaio*

ABNT NBR 7181, *Solo – Análise granulométrica*

ABNT NBR 7211, *Agregado para concreto – Especificação.*

ABNT NBR 7389-1, *Análise petrográfica de agregado para concreto. Parte 1: Agregado miúdo*

ABNT NBR 9917, *Agregados para concreto – Determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis*

ABNT NBR 11579, *Cimento Portland – Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 μ m (n^o200)*

ABNT NBR 12653, *Materiais pozolânicos - Requisitos*

ABNT NBR 13956-2, *Sílica ativa para uso com cimento Portland em concreto, argamassa e pasta. Parte 2: Ensaios químicos*

ABNT NBR 13956-4, *Sílica ativa para uso com cimento Portland em concreto, argamassa e pasta. Parte 4: Determinação da finura por meio da peneira 45 μ m*

ABNT NBR 14656, *Cimento Portland e matérias-primas – Análise química por espectrometria de raios X – Método de ensaio*

ABNT NBR 15012, *Rochas para revestimentos de edificações - Terminologia*

ABNT NBR 15577-1, *Agregados - Reatividade álcali-agregado. Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto*

ABNT NBR 16605, *Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica*

ABNT NBR 16372, *Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine)*

IEMA IN nº 11, *Dispõe sobre critérios e procedimentos técnicos para licenciamento da atividade de disposição da Lama do Beneficiamento de Rochas Ornamentais*

Art. 4º Para os efeitos desta Instrução Normativa serão adotadas as seguintes definições:

- I. Finos do beneficiamento de rochas ornamentais (FiBRO): material fino gerado nos processos de beneficiamento de rochas ornamentais, composto basicamente de pó de rocha com ou sem elementos abrasivos e demais insumos do processo de beneficiamento.
- II. Álcalis: elementos químicos que, ao reagir com alguns compostos mineralógicos em presença de umidade, forma um gel expansivo que pode causar fissuração e perda de resistência de produtos cimentícios.
- III. Beneficiamento de rochas ornamentais: processo de transformação de blocos de rochas ornamentais em chapas e acabamento dessas chapas. A NBR 15012:2013 divide o processo em duas fases: beneficiamento primário, que visa desmembrar o bloco de rocha ornamental em chapas, e o beneficiamento secundário, que visa dar o acabamento da chapa de rochas ornamentais.
- IV. Beneficiamento por meio de teares convencionais: é o processo de serragem de chapas que faz uso de teares de lâminas metálicas e que utilizam como insumos adicionais água, cal ou bentonita e granalha metálica para a serragem de chapas.

- V. Beneficiamento por meio de teares de fios diamantados: processo de beneficiamento de rochas ornamentais que faz uso de teares de fio diamantado (multifio) para desdobramento/serragem dos blocos em chapas ou placas. Os teares de fio diamantado processam o corte com maior velocidade que os teares tradicionais, além de não exigirem o uso de abrasivo durante o corte, o que confere ao resíduo uma composição mais simples, de água e pó de rocha apenas.
- VI. Granalha: material particulado utilizado como abrasivo no processo de beneficiamento de rochas ornamentais.
- VII. Lama do beneficiamento de rochas ornamentais: recomenda-se fazer uso do termo Finos do Beneficiamento de Rochas Ornamentais.
- VIII. Matriz cimentícia de cimento Portland: material formado basicamente por cimento Portland e água, podendo conter agregados, outros aglomerantes e adições minerais, aditivos químicos e fibras, com finalidade estrutural ou não. São matrizes cimentícias as pastas de cimento Portland, as argamassas e os concretos.
- IX. Rocha ornamental: material pétreo natural, utilizado em revestimentos internos e externos, estruturas, elementos de composição arquitetônica, decoração, mobiliário e arte funerária (NBR 15012:2013).
- X. Tear: equipamento robusto utilizado para a serragem dos blocos de rochas ornamentais em chapas.

Art. 5º A comercialização de FiBRO para produção de matrizes cimentícias de cimento Portland deve seguir os seguintes requisitos gerais:

- I. Os produtos derivados da incorporação do FiBRO em matrizes cimentícias deverão seguir os requisitos e os ensaios técnicos determinados nas respectivas normas de referência.
- II. O transporte e acondicionamento do FiBRO deverão seguir as determinações contidas na Instrução Normativa IEMA n. 11, de 11/10/ 2016
- III. Para que o FiBRO seja utilizado como agregado miúdo para a produção de matrizes cimentícias de cimento Portland, ele deverá seguir as especificações apresentadas na versão atualizada da Norma ABNT NBR 7211.

IV. Para que o FiBRO seja utilizado como adição mineral para a produção de matrizes cimentícias de cimento Portland, ele deverá seguir as especificações apresentadas nas versões atualizadas de suas respectivas Normas da ABNT NBR 12653. De acordo com a sua ação físico-química, as adições minerais podem ser classificadas em três grandes grupos: adições minerais pozolânicas, cimentantes ou de fíler. São exemplos de adições minerais, escória granulada de alto-forno, a sílica ativa, metacaulim, pozolana natural, cinza volante, cinza de casca de arroz. Todas de uso consagrado no mercado.

Art. 6º Para a comercialização do FiBRO deve ser cumprida a designação e composição determinada no Quadro 1, a seguir:

Quadro 1 – Designação e características dos finos do beneficiamento de rochas ornamentais

Designação normalizada	Sigla	Características gerais	Óxidos presentes predominantes
Fibro Diamantado	FiBRO I	Em maiores teores de sílica e alumina	$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$
Fibro Composto	FiBRO II	Em maiores teores de sílica, alumina e óxidos fundentes	$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$
Fibro Abrasivo	FiBRO III	Em maiores teores de óxidos fundentes	$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO}$
Fibro Carbonático	FiBRO IV	Em maiores teores de materiais carbonáticos	$\text{CaO} + \text{MgO}$

I Para obtenção da designação, sigla e classificação do tipo FiBRO equivalente (I, II, III ou IV) deve-se comprovar o conteúdo dos óxidos predominantes por meio de análise química.

NOTA: recomenda-se a realização do procedimento de ensaio de espectrometria por fluorescência de raios X, proposto pela NBR 14656, para determinar a presença dos óxidos predominantes.

II O FiBRO Carbonático, Fibro IV, somente poderá ser incorporado na produção de matrizes cimentícias de cimento Portland, caso atenda os limites determinados na Tabela 2, tendo em vista que sua presença apresenta alto risco de geração de manifestações patológicas devido a reações expansivas com o cimento Portland.

III A designação e sigla do FiBRO deverá estar explicitamente apresentada na documentação que acompanha o despacho do produto.

Art. 7º O FiBRO destinado à produção de materiais e componentes construtivos à base de matrizes cimentícias deverá ser submetido aos ensaios de caracterização física apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Ensaio para caracterização física do FiBRO

Determinação	Procedimento de ensaio
Índice de finura por meio da peneira de abertura de malha de 75 μ m	ABNT NBR 11579 ^a
Teor de umidade	ABNT NBR 6457, Anexo A.
Composição granulométrica	ABNT NBR 7181
Massa específica aparente	ABNT NBR NM 52
Massa específica	ABNT NBR 16605
Superfície específica (Finura)	ABNT NBR 16372
Absorção de água	ABNT NBR NM 30
Inchamento	ABNT NBR 6467

^aUtilizar o FiBRO onde a norma indicar o uso de cimento Portland.

Art 8º Para utilização na produção de artefatos de matrizes cimentícias, o FiBRO a ser utilizado deverá atender ao requisito de índice de finura apresentado na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Requisitos físicos para utilização do FIBRO em matrizes cimentícias

Determinação	Limite (%)	Procedimento de ensaio
Índice de finura por meio da peneira de abertura de malha de 75 μ m	≤ 12	ABNT NBR 11579 ^a

^aUtilizar o FIBRO onde a norma indicar o uso de cimento Portland.

Art 9º Para a utilização do FiBRO na produção de matrizes cimentícias, o material deverá ser submetido a ensaios de caracterização química dos óxidos presentes na amostra, de acordo com a ABNT NBR 14656.

Art 10º O FiBRO destinado à produção de matrizes cimentícias deverá estar em conformidade com os requisitos químicos, resíduo insolúvel e perda ao fogo estabelecidos na Tabela 2, a seguir:

Tabela 2 - Requisitos químicos e de perda ao fogo para utilização do FiBRO em matrizes cimentícias

Determinação	Limite (%)	Procedimento de ensaio
Perda ao fogo (PF)	≤ 52	ABNT NBR NM 18
Teor de cloretos (Cl ⁻)	$\leq 0,4$	ABNT NBR 9917
Teor de Sulfatos (SO ₄ ⁻)	$\leq 0,4$	ABNT NBR 9917
Óxido de Magnésio (MgO)	≤ 20	ABNT NBR 14656
Equivalente alcalino em Na ₂ O	$\leq 1,5$	ABNT NBR 13956-2 ^a

^aUtilizar o FiBRO onde a norma indicar o uso de Sílica Ativa.

Parágrafo único: para obtenção dos parâmetros químicos determinados na tabela 2 recomenda-se o procedimento de ensaio de espectrometria por fluorescência de raios X, proposto pela NBR 14656, para que se obtenha a composição química sob a forma de óxidos.

Art. 11º Para que o FiBRO destinado à produção de matrizes cimentícias tenha a designação estabelecida na Tabela 1, deverão ser realizados ensaios químicos e mineralógicos a fim de evitar ocorrência de reações deletérias expansivas após o uso do material. A apreciação mineralógico-petrográfica, macroscópica ou microscópica, possibilitará a detecção de finos que interferem nas propriedades dos materiais e componentes produzidos. São exemplos desses finos, argilominerais expansivos, materiais ferruginosos, materiais calcários do grupo dos dolomíticos, entre outros. Portanto, para evitar a ocorrência de reações expansivas, deverão ser realizados os ensaios de composição mineralógica e reatividade ao álcali.

Tabela 3 – Ensaios para caracterização mineralógica do FiBRO a ser utilizado

Determinação	Procedimento de ensaio
Análise mineralógica	Difração de Raios X Análise petrográfica (ABNT NBR 7389 – 1)
Reatividade ao álcali	ABNT NBR 15577-1

Parágrafo único. Outras características podem ser solicitadas, de comum acordo entre as partes quanto aos valores a serem atendidos e métodos de ensaio para sua determinação, conforme o tipo de aplicação da matriz cimentícia a ser produzida com o FiBRO

Art. 12º Inspeção do FiBRO

I. O consumidor deve receber todas as facilidades exigíveis a uma cuidadosa inspeção e amostragem do material a ser entregue.

II. Deve ser realizada amostragem o mais representativa possível, se valendo de orientações normativas (ABNT NM 26) atribuindo ao procedimento as alterações necessárias para o tipo de material a ser analisado.

Art. 13º Aceitação e rejeição do FiBRO

I. A amostra é automaticamente aceita sempre que forem cumpridos os requisitos desta norma.

II. Quando os resultados dos ensaios efetuados não atenderem aos requisitos químicos, físicos, mineralógicos e ambientais constantes nesta norma, o material reservado para contraprova deverá ser ensaiado em laboratório com competência técnica reconhecida.

III. Caso os resultados obtidos na amostra de contraprova atendam aos requisitos desta norma, o lote deverá ser aceito.

Art. 14º Para a elaboração desta Instrução Normativa foram utilizadas as seguintes referências bibliográficas:

ABNT NBR 5741:2019, *Cimento Portland – Coleta e preparação de amostras para ensaios.*

ABNT NBR 6136:2016, *Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos*

ABNT NBR 11801:2012, *Argamassa de alta resistência mecânica para pisos - Requisitos*

ABNT NBR 12655:2015, *Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – procedimento.*

ABNT NBR 13438:2013, *Blocos de concreto celular autoclavado – Requisitos*

ABNT NBR 13956:2012, *Parte 1: Sílica ativa para uso com cimento Portland em concreto, argamassa e pasta - Requisitos*

ABNT NBR 14656:2001, *Cimento Portland e matérias-primas – Análise química por espectrometria de raios X – Método de ensaio*

ABNT NBR 14859:2016, *Lajes pré-fabricadas de concreto*

ABNT NBR 14992:2003, *A. R. – Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas – Requisitos e métodos de ensaio*

ABNT NBR 15894:2010, *Parte 1: Metacaulim para uso com cimento Portland em concreto, argamassa e pasta – Requisitos.*

ABNT NBR 16072:2012, *Argamassa impermeável*

ABNT NBR 16258:2014, *Estacas pré-fabricadas de concreto - Requisitos*

ABNT NBR 16416:2015, *Pavimentos permeáveis de concreto – Requisitos e procedimentos*

ABNT NBR 16697, *Cimento Portland - Requisitos*

ABNT NBR NM 18:2012, *Cimento Portland – Análise química – Determinação de perda ao fogo*

ABNT NBR NM 24:2003, *Materiais pozolânicos – Determinação do teor de umidade*

ABNT NBR NM 26: 2009, *Agregados – Amostragem.*

CHIODI Filho, Cid. *Tipologia das Rochas Ornamentais.* São Paulo: ABIROCHAS, 2018.

KORE, S. D.; VYAS, A. k.; KABEER, S. A. A brief review on sustainable utilization of marble waste in concrete. *International Journal of Sustainable Engineering*, v.13, 2020.

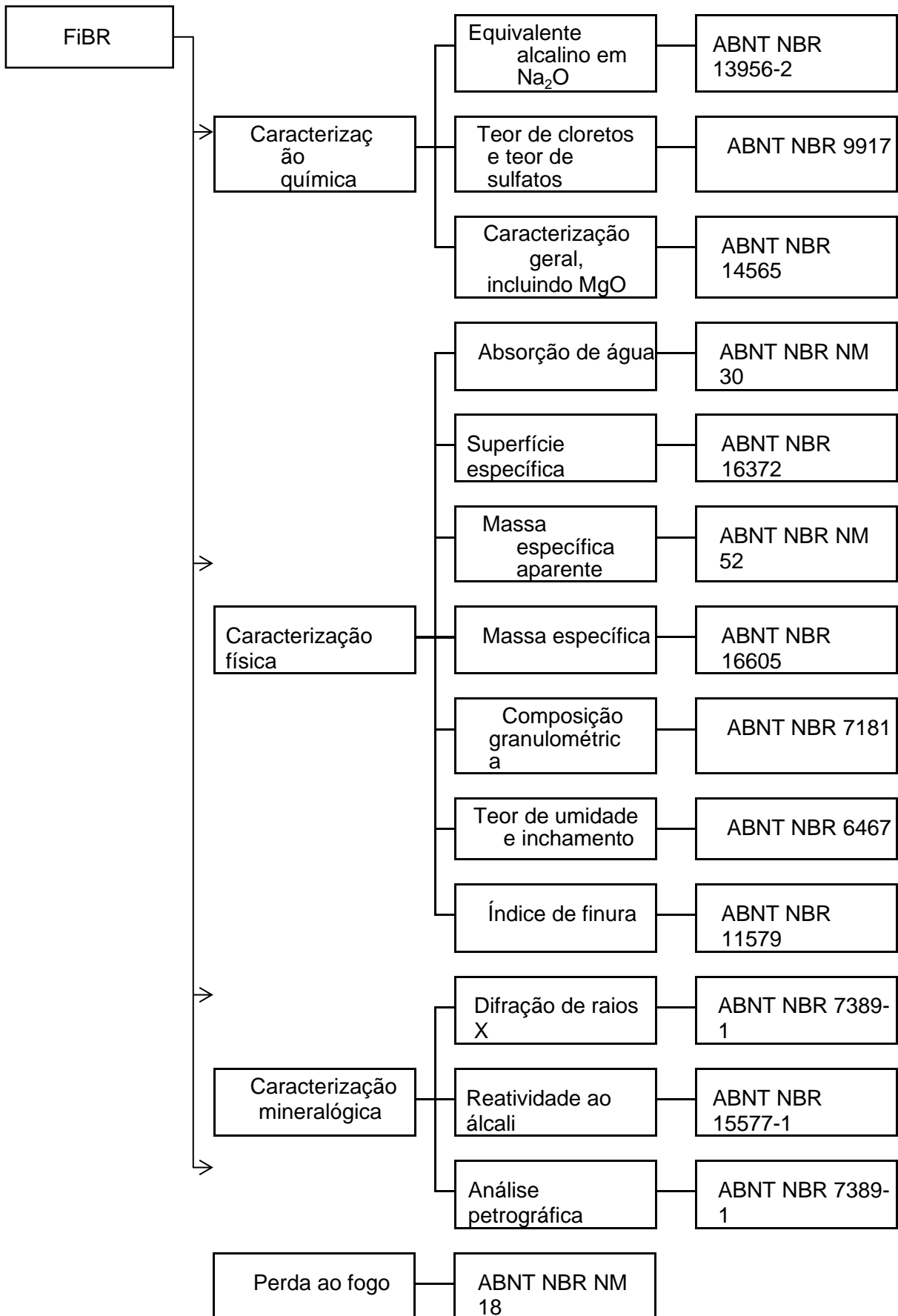
LIMA, E, F.; CASTRO, N, F. Caracterização Ambiental dos Resíduos Gerados no Beneficiamento de Rochas Ornamentais na Região de Cachoeiro de Itapemirim. RRB00100014 Relatório Final de Bolsa PCI, elaborado para o CETEM/MCTI. Espírito Santo. 2014.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concrete: microstructure, properties and materials. 3 ed. McGraw-Hill, 2006.

SOARES, R. B.; ULIANA, J. G.; CALMON, J. L.; TRISTÃO, F. A.; VIEIRA, G. L.; DEGEN, M. K. Revisão bibliográfica dos estudos sobre a aplicação da lama do beneficiamento de rochas ornamentais na produção de materiais de construção. 55 Congresso Brasileiro do Concreto. Anais. Gramado, 2013.

APÊNDICE

FLUXOGRAMA DE INCORPORAÇÃO DO FIBRO NA PRODUÇÃO DE MATRIZES CIMENTÍCIAS



EQUIPE TÉCNICA DE ELABORAÇÃO

Francisco Wilson Hollanda Vidal – Centro de Tecnologia Mineral, D.Sc.

Geilma Lima Vieira – Universidade Federal do Espírito Santo, D.Sc.

Janaína dos Santos Vazzoler – Universidade Federal do Espírito Santo, M.Sc.

Luciana Marelli Mofati – Universidade Estadual do Rio de Janeiro, M.Sc