



INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Fluminense

MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FLUMINENSE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MODALIDADE PROFISSIONAL**

**ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DE EFLUENTES GERADOS PELAS INDÚSTRIAS
DE BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DE SANTO ANTÔNIO DE
PÁDUA-RJ.**

SÉRGIO LUÍS VIEIRA DO CARMO

CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ

2017

SÉRGIO LUÍS VIEIRA DO CARMO

**USO E REUSO DE EFLUENTES GERADOS PELAS INDÚSTRIAS DE
BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA-
RJ.**

Qualificação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental, na área avaliação e gestão ambiental, área de atuação Desenvolvimento Local e Regional, apresentada para avaliação.

Orientação: Prof. D Sc Manildo Marcião Oliveira.

Coorientadores: Prof. D Sc. Vicente de P. S. de Oliveira.

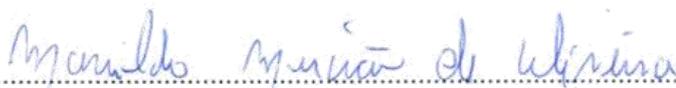
CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ

2017

Dissertação intitulada “ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DE EFLUENTES GERADOS PELAS INDÚSTRIAS DE BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA-RJ”, elaborado por Sérgio Luís Vieira do Carmo e apresentado publicamente perante a Banca Examinadora, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, na área de avaliação e gestão ambiental, área de atuação Desenvolvimento Local e Regional área de atuação Gestão e Planejamento de Recursos Hídricos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense.

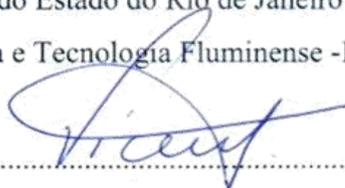
Aprovada em 24 de agosto de 2017

Banca Examinadora:



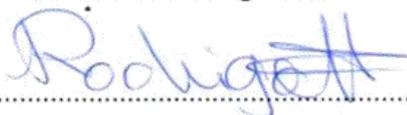
Manildo Marcião de Oliveira – Orientador

Doutor em Biologia - Universidade do Estado do Rio de Janeiro - Instituto Federal de Educação
Ciência e Tecnologia Fluminense -IFF



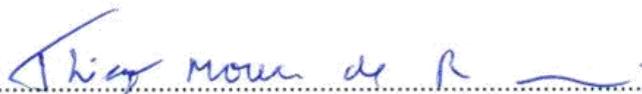
Vicente de Paulo Santos de Oliveira - Coorientador

Doutor em Engenharia Agrícola / Universidade Federal de Viçosa / Instituto Federal de Educação
Ciência e Tecnologia Fluminense -IFF



Prof. Rodrigo Martins Fernandes – Avaliador

Doutor em Engenharia Elétrica/Universidade Federal do Rio de Janeiro/Instituto Federal de
Educação Ciência e Tecnologia Fluminense-IFF



Thiago Moreira de Rezende Araujo – Avaliador

Doutor em Ciências Naturais / UENF // Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia
Fluminense -IFF



Geórgia Amaral Mothé – Avaliador Externo

Doutora em Ciências Naturais – Universidade Estadual do Norte Fluminense

Institutos Superiores de Ensino do CENSA

DEDICATÓRIA

Em primeiro lugar ao Grande Arquiteto do Universo.

Aos meus pais, que me apresentaram a luz da vida.

A minha esposa por ter tido paciência e compreensão durante toda a jornada.

Aos meus filhos que souberam se espelhar nas boas práticas de vida que refleti para eles.

Aos amigos, que juntos caminhamos por esta estrada do conhecimento.

Em especial ao meu amigo Ramires Petrilho Silveira, parceiro de todas as idas e vindas.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar ao Grande Arquiteto do Universo, por me guiar pelas estradas da vida, por me dar sabedoria e força nos momentos mais difíceis e pelo mundo em que vivo.

Ao professor/orientador Vicente de Paulo Santos de Oliveira e todos os outros professores que nos guiaram nesta caminhada.

Ao Sr Silvio proprietário da empresa e todos os funcionários que possibilitaram a realização dos trabalhos de campo.

Aos meus pais, José Maria do Carmo e Helena Vieira do Carmo que me apresentaram a luz da vida.

A minha esposa Fernanda Areal Carrizo por ter tido paciência e compreensão durante toda a jornada.

Aos meus filhos Frederico Carrizo Defáveri e Gustavo Carrizo Defáveri que souberam se espelhar nas boas práticas de vida que refleti para eles.

Aos meus amigos: Angélica de Souza Ferreira, Daniela Mazieri, Élvio Caetano, Marcelo Paixão Reis, Nathálie Terra de Azevedo que juntos, lado a lado, caminhamos por esta estrada do conhecimento, árdua mas gratificante.

Em especial ao meu amigo Ramires Petrilho Silveira, parceiro de todas as idas e vindas.

“A água de boa qualidade é como a saúde ou a liberdade: só tem valor quando acaba.”

JOÃO GUIMARÃES ROSA

Resumo:

A água, bem natural de inestimável valor, tornou-se um dos principais temas de discussão entre todas as pessoas do planeta, todos procurando formas inovadoras para minimizar o problema da escassez, da sua conservação, seu uso e reuso com a maior eficiência, evitando assim desperdício em qualquer parte do processo onde a mesma venha a ser operacionalizada. Este trabalho tem por objetivo no primeiro artigo, apresentar um estudo de revisão bibliográfica sobre tratamento de água como efluente industrial gerado no processo de beneficiamento de rochas ornamentais e no segundo artigo, análises físico-químicas dos efluentes e medições de consumo de energia elétrica, com a finalidade de orientar o proprietário da empresa quanto a necessidade da adequação ambiental bem como redução nos gastos com recursos financeiro . A Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011 prevê a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, caracterização e classificação das LBRO (Lama de beneficiamento de rochas ornamentais). No Estado do Rio de Janeiro a Deliberação CECA Nº 1.007, de 04 de Dezembro de 1986 aprovou a NT-202 que estabelece os critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos como parte integrante do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras (SLAP), pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde. Este trabalho propõe a implantação de um sistema de automação na dosagem de produtos químicos usados na floculação, controle de vazão de água nas máquinas de corte da linha de produção e propõe também alternativas para o tratamento dos efluentes afim de otimizar o uso e reuso da água residuária. Com este propósito, será realizada a seguinte metodologia: pesquisa bibliográfica, visitas técnicas, instalação de sensores ao longo das instalações hidráulicas para monitoramento do uso e reuso de água e efluentes, análises físico-química de amostras de água a serem reutilizadas ou devolvidas ao corpo hídrico, medições de consumo de energia elétrica. Este estudo de caso será realizado em uma empresa localizada na cidade de Santo Antônio de Pádua – RJ.

Palavras-chave: Reuso; Poluição Ambiental; Efluentes de Beneficiamento de Rochas.

Area: Engenharia Ambiental.

ABSTRACT

Water and natural priceless, became one of the main topics of discussion among all people of the world, all looking for innovative ways to minimize the problem of scarcity, their conservation, use and reuse with greater efficiency by avoiding thus wasting any part of the process where it will be operated. This article aims to present a bibliographic review of water treatment and industrial wastewater generated in the ornamental stone beneficiation process. CONAMA Resolution No. 357 of 17 March 2005, amended by Resolution 410/2009 and 430/2011 provides for the classification of water bodies and environmental guidelines for its framework and establishes the conditions and effluent discharge standards , characterization and classification of LBRO (ornamental stone processing Lama). In the state of Rio de Janeiro Deliberation ECSC No. 1,007, of December 4, 1986 approved the NT-202 establishing the criteria and standards for release of wastewater as part of the Licensing System Polluting Activities (SLAP), by Order 2914/2011 of the Ministry of Health. This paper proposes the implementation of an automation system in the dosage of chemicals used in the flocculation, flow control of water in the cutting machines of the production line and also proposes alternatives for the treatment of effluents in order to optimize the use and reuse of wastewater. For this purpose, the following methodology will be carried out: literature, technical visits, sensor installation along the hydraulic systems for monitoring the use and reuse of water and wastewater, physical-chemical analysis of water samples to be reused or returned to the body water. This case study will be conducted in the company Paraiso stones of Commerce, located in St. Anthony of Padua - RJ.

Keywords: Reuse; Environmental Pollution; Rock Processing Effluents.

Area: Environmental Engineering.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Abirochas – Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AMB – Anuário Mineral Brasileiro

ANA – Agência Nacional das Águas

APP – Área de Preservação Permanente

CECA - Comissão Estadual de Controle Ambiental

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

EUA – Estados Unidos da América

FIRJAN – Federação das Indústrias do Rio de Janeiro

IFF – Instituto Federal Fluminense

Inea – Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro

LBRO – Lama de beneficiamento de rochas ornamentais

MME – Ministério de Minas e Energia

NMP: número mais provável

NT – Norma Técnica

PCRA - Plano de Conservação e Reuso de Água

PICG – Polo de Inovação Campos dos Goytacazes

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

RJ – Rio de Janeiro

SINGREH – Sistema Nacional de Recursos Hídricos.

SLAP – Sistema de licenciamento de Atividades Poluidoras

UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

UTM – Unidade Transversa Mercator.

LISTA DE SÍMBOLOS

CT – coliformes totais

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

$\mu\text{S}/\text{cm}$ – micro siemens por centímetro

kg/hab – Quilograma por habitante

Km - Quilômetro

m^2 – metro quadrado

Mt – milhões de toneladas

$^{\circ}\text{C}$ – grau Celsius

OD – oxigênio disponível

pH – potencial de hidrogênioônico

ppm – parte por milhão

R\$ - Reais

t/dia – Tonelada por dia

t/mês – Tonelada por mês

SDT – sólidos totais dissolvidos

ST – sólidos totais

UNT – unidade nefelométrica

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO I - Uso e Reuso de Efluentes Gerados pelas Indústrias de Beneficiamento de Rochas Ornamentais de Santo Antônio de Pádua RJ.

Figura 1

Imagem aérea da Pedras Paraíso, Santo Antônio de Pádua, RJ..... 22

Figura 2

Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul..... 23

Figura 3

Bacia Hidrográfica do Rio Pomba..... 23

Figura 4

Filtro prensa..... 28

Figura 5

Ponto 1, Coleta direta no rio no local onde a água é captada..... 37

Figura 6

Ponto 2: Calha de saída de água para o descarte no rio (água residual final) 37

Figura 7

Ponto 3: Saída de água da serra maior e entrada no primeiro tanque de decantação..... 38

Figura 8

Ponto 4: Último tanque de decantação..... 38

Figura 9

Ponto 5: Último tanque de decantação..... 38

Figura 10

Pontos de coleta de água para análise na Pedras Paraíso, S. A. de Pádua, RJ..... 39

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO I I – Caracterização dos Efluentes Gerados na Produção de Rochas Ornamentais

Figura 1

Localização da cidade de Santo Antônio de Pádua no Estado do Rio de Janeiro..... 49

Figura 2

Localização dos pontos de coleta das amostras..... 50

Figura 3

Valores de pH encontrados nos sete pontos nas cinco datas de coleta..... 54

Figura 4

Ponto 2 saída de água da serra maior e entrada no primeiro tanque de decantação..... 54

Figura 5

Valores de Turbidez encontrados nos sete pontos nas cinco datas de coleta..... 55

Figura 6

Valores encontrados para Sólidos Totais encontrados nos sete pontos nas cinco datas de coleta..... 55

Figura 7

Valores de Oxigênio Dissolvido (OD) encontrados nos sete pontos nas cinco datas de coleta..... 56

Figura 8

Valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) encontrados nos sete pontos nas cinco datas de coleta..... 57

Figura 9

Valores de Condutividade encontrados nos sete pontos nas cinco datas de coleta..... 57

Figura 10

Uso de água captada no rio pela empresa (L)..... 60

Figura 11

Uso e desperdício de água coletada do rio pelo empreendimento..... 60

LISTA DE TABELAS**ARTIGO I - Uso e Reuso de Efluentes Gerados pelas Indústrias de Beneficiamento de Rochas Ornamentais de Santo Antônio de Pádua RJ.****Tabela 1**

Composição química média de resíduos de rochas ornamentais..... 27

Tabela: 2

Classes de água de reuso pela NBR-13.969 e padrões de qualidade..... 31

Tabela 3:

Análises Físico-Químicas..... 41

Tabela 4:

Resultados da análise microbiológica (NMP: número mais provável) 41

LISTA DE TABELAS

ARTIGO II – Caracterização dos Efluentes Gerados na Produção de Rochas Ornamentais

Tabela 1

Produção - dados mundiais 2013..... 48

Tabela: 2

Valores dos parâmetros físico-químicos das amostras de água residuária de beneficiamento de rochas..... 52

Tabela 3:

Análise feita em 12/08/2015 e 11/11/2016..... 58

Tabela 4:

Resultado da análise de resíduo sólido..... 58

Tabela 5:

Resultados obtidos com a medição de vazão..... 59

Tabela 6:

Memória de Cálculo do Custo com Energia Elétrica da Bomba A..... 61

Tabela 7:.

Medições das correntes elétrica (RMS) das três fases da Bomba B..... 61

Tabela 8

Memória de cálculo do custo mensal e anual com energia elétrica da bomba B..... 62

Sumário

Resumo:	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	viii
LISTA DE SÍMBOLOS	x
LISTA DE FIGURAS ARTIGO I	xi
LISTA DE FIGURAS ARTIGO II	xi
LISTA DE TABELAS ARTIGO I	xiii
LISTA DE TABELAS ARTIGO II	xiv
APRESENTAÇÃO	17
ARTIGO CIENTÍFICO I	18
RESUMO:	18
ABSTRACT:	19
1. INTRODUÇÃO	19
2. REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1 Área de estudo	21
2.2 Extração de rocha ornamental em Santo Antônio de Pádua	24
2.3 Política Nacional de Resíduos Sólidos.	25
2.4 Resíduos Sólidos	26
2.5 Desaguamento de finos gerados na forma de efluentes.	27
2.6 Caracterização e classificação das LBRO	27
2.7 Lançamento de efluentes em corpos hídricos.	28
2.8 Conservação e reuso de água na indústria.	29
2.8.1 Plano de conservação e reuso de água (PCRA)	31
2.8.2 Utilização de efluentes como água de reuso	32
2.8.3 Aproveitamento de águas pluviais	32
2.9 Monitoramento dos processos na indústria, automação	32
3. Material e Métodos	32
3.1 Material	32
3.2 Métodos	33
4. RESULTADO E DISCUSSÃO	39

5. CONCLUSÕES.....	42
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
ARTIGO CIENTÍFICO II	42
RESUMO	45
ABSTRACT	46
1 – INTRODUÇÃO.....	47
2. Material e Métodos.....	49
2.1 Área de estudo.	49
2.2 Coleta de amostras	49
2.3 Análises físicas e químicas	49
2.4 Medição de vazão.	51
2.5 Medição do consumo de energia.	51
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
3.1 Características físicas, químicas e biológicas	52
3.2 Medição de vazão. Mediu-se as vazões das serras como se segue na tabela 5:.....	60
3.3 Medição do consumo de energia elétrica.....	62
4. conclusão:	63
5. Referências bibliográficas	64

APRESENTAÇÃO

Segundo João Guimarães Rosa *“a água de boa qualidade é como a saúde ou a liberdade: só tem valor quando acaba”*, visto a crescente redução na oferta tornou-se um dos principais temas de discussão entre as pessoas, pois sabemos que ela é responsável pela manutenção da vida de todos os seres vivos e segundo a Lei das Águas, *“a água é considerada um bem de domínio público e um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e prevê que a gestão dos recursos hídricos deve proporcionar os usos múltiplos das águas, de forma descentralizada e participativa, contando com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades”*. Diante da magnitude do problema enfrentado por todos referente a falta de um produto com qualidade viável ao consumo humano, o tempo todo busca-se formas inovadoras para minimizar o problema de escassez, de sua conservação, seu uso e reuso, bem como o tratamento dos efluente industriais gerados nas mais diversas formas procurando sempre formas de evitar o desperdício em qualquer parte do processo onde a mesma venha a ser consumida. O território brasileiro contém cerca de 12% de toda a água doce do planeta. Ao todo, são 200 mil bacias hidrográficas espalhadas em 12 regiões hidrográficas, como as bacias do São Francisco, do Paraná e a Amazônica. Isso significa um enorme potencial hídrico, capaz de prover um volume de água por pessoa 19 vezes superior ao mínimo estabelecido pela Organização das Nações Unidas (ONU) – de 1.700 m³/s por habitante por ano.

Segundo ROCHA (2009), com o crescimento populacional, a demanda pelos recursos naturais aumentou e com isto há a necessidade de distribuição de água e disposição adequada de resíduos e efluentes, assim como o tratamento de esgoto, coleta de lixo e outros saneamentos básicos.

Neste trabalho, será feito uma revisão bibliográfica sobre como diagnosticar a quantidade e a qualidade da água utilizada e os efluentes gerados nas indústrias de rochas ornamentais - Gnaisse em Santo Antônio de Pádua-RJ.

ARTIGO CIENTÍFICO I
(Artigo aceito para publicação no Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro
Lamego)

USO E REUSO DE EFLUENTES GERADOS PELAS INDÚSTRIAS DE
BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DE SANTO ANTÔNIO DE
PÁDUA RJ.

Sérgio Luís vieira do Carmo

Mestrando em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal Fluminense Licenciatura em
Química e Física pela FAFISME

Vicente de Paulo Santos de Oliveira

Doutor em Engenharia Agrícola / Universidade Federal de Viçosa

RESUMO:

A água é um bem que a cada dia torna-se mais escasso tanto em qualidade quanto em quantidade. Buscou-se com esta pesquisa fazer uma avaliação da qualidade da água do Rio Pomba utilizada para captação, do uso e lançamento no corpo hídrico, por indústria de beneficiamento de rochas ornamentais. Usou-se os métodos de Análises Físico-química e microbiológica da água coletada *in loco* e concluiu-se que a forma mais eficiente de se reduzir a captação, é o reuso através da recirculação do efluente líquido gerado na produção e a captação de água pluviais.

Palavras-chave: reuso, efluentes, beneficiamento de rochas.

**USE AND REUSE OF EFFLUENTS GENERATED BY ORNAMENTAL STONES
BENEFITING INDUSTRIES OF SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA RJ**

ABSTRACT:

Water is a commodity that is becoming scarce in both quality and quantity. It was seek of this research was to evaluate the water quality of the river Pomba used for the capture, use and launch in the body of water by the ornamental rock processing industry. The methods of physical-chemical and microbiological analysis of the water collected in loco were used and it was concluded that the most efficient way to reduce the abstraction is the reutilization through the recirculation of the liquid effluent generated in the production and abstraction of rainwater.

Key words: reuse, effluents, treatment of rocks.

1. INTRODUÇÃO

A água é responsável pela manutenção da vida de todos os seres vivos do planeta terra. Diante do agravo na redução da oferta de um produto com qualidade viável ao consumo humano, tornou-se um dos principais temas de discussão entre as pessoas. Visto a magnitude do problema, é crescente o interesse por formas inovadoras que possibilitem minimizar a escassez, otimizar sua conservação, seu uso e reuso.

A Lei das Águas (Lei nº 9.433/1997) trata a água como um bem de domínio público e um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e prevê ainda que a gestão dos recursos hídricos deve proporcionar os usos múltiplos das águas, de forma descentralizada e participativa, contando com a participação do Poder Público, das comunidades e dos usuários finais. Esta lei determina que, em situações de escassez, o uso prioritário da água é para consumo humano e dessedentação de animais. Outro fundamento define que a bacia hidrográfica é a unidade de atuação do SINGREH e de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos. O segundo artigo da Lei das Águas explica que um dos objetivos da PNRH é assegurar a disponibilidade de água de qualidade às gerações presentes e futuras, promover uma utilização racional e integrada dos recursos hídricos e a prevenção e defesa contra eventos hidrológicos (chuvas, secas e enchentes), sejam eles naturais ou decorrentes do mau uso dos recursos naturais.

O acesso à água não é igual para todos. As características geográficas de cada região e as mudanças na vazão dos rios que ocorrem devido às variações climáticas ao longo do ano, vem preocupando quanto a distribuição e utilização de água.

Um problema relevante à conservação dos recursos hídricos é o pó resultante do corte das rochas provenientes de atividades de beneficiamento. Este pó pode causar danos ao ambiente como assoreamento de cursos d'água, impermeabilização o solo, dentre outros (SILVA, 2011).

Na indústria foco desse estudo, os efluentes líquidos com o pó que derivam da serragem das pedras são tratados através da decantação, porém, a lama resultante após a decantação, torna-se um problema a ser resolvido pelos empresários. Outro problema a ser minimizado é o desperdício de água utilizada na produção e beneficiamento de rochas. O desperdício de água ocorre devido à grande oferta e baixo custo, fazendo com que não haja uma preocupação com o elevado consumo da mesma. Esse desperdício ocorre em todas as etapas de produção gerando assim um aumento nos gastos com o tratamento dos efluentes.

Os efluentes tem como destino tanques de decantação onde se efetua a separação sólido/líquido. A parte líquida, após tratamento com floculantes químicos, retorna ao corpo

hídrico. Segundo o Art. 3º da Resolução CONAMA nº 430, efluentes líquidos somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedecem às condições padrões e exigências dispostas nesta Resolução e em outras normas aplicáveis, que são: a) pH entre 5 e 9; b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura; c) materiais sedimentáveis: até 1 mg/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes; d) Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO 5 dias, 20°C: máximo de 120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

Foram feitas análises prévias das águas geradas no processo de produção, desde sua captação até o retorno para o corpo hídrico, quanto aos parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

Busca-se com a pesquisa fazer uma avaliação da qualidade da água do rio Pomba (no ponto de coleta) e da água utilizada em uma indústria de beneficiamento de rochas de Santo Antônio de Pádua RJ, com vistas a avaliação de possíveis impactos ambientais e desperdício de água dentro de uma visão mais holística.

Propõe-se realizar um monitoramento do uso e reuso da água e dos efluentes gerados, além de levantamento de dados para determinar o volume de água gasto no processo produtivo para estabelecer a relação entre a produção, m² de pedra ornamental beneficiada por m³ de água utilizado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Área de estudo

Este trabalho será realizado na empresa Comércio de Pedras Paraíso, indústria produtora de pedras decorativas, que atua no mercado desde 1988, comercializando pedras decorativas para o mercado nacional e internacional. Localizada no Município de Santo Antônio de Pádua, RJ, na Rodovia Pádua-Monte Alegre, Km 02, sob as coordenadas UTM 24 K 793873.47 m E e 7615338.26 m S (Figura 3), o empreendimento ocupa uma área de aproximadamente 3.980 m², além de possuir jazida própria para extração de pedras que dista aproximadamente 7 km do local. A área ocupada pela empresa é delimitada aos fundos pelo Rio Pomba, principal fonte de água utilizada pela indústria.

Figura 1 - Imagem aérea da Pedras Paraíso, Santo Antônio de Pádua, RJ.



Fonte: Google Earth. Data da imagem: 27/05/2014.

O Município de Santo Antônio de Pádua é um dos 184 municípios que fazem parte da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, estando mais especificamente na bacia do Rio Pomba, um dos afluentes do rio Paraíba do Sul. O rio Paraíba do Sul nasce na Serra da Bocaina, no Estado de São Paulo, e tem sua foz em São João da Barra, no Estado do Rio de Janeiro, percorrendo um total de 1.120 km (Figura 2) (ANA, 2016). O rio Paraíba do Sul é de suma importância para o país, pois drena uma das regiões mais desenvolvidas do país, abrangendo regiões importantes como a Zona da Mata Mineira e o Vale do Paraíba Paulista.

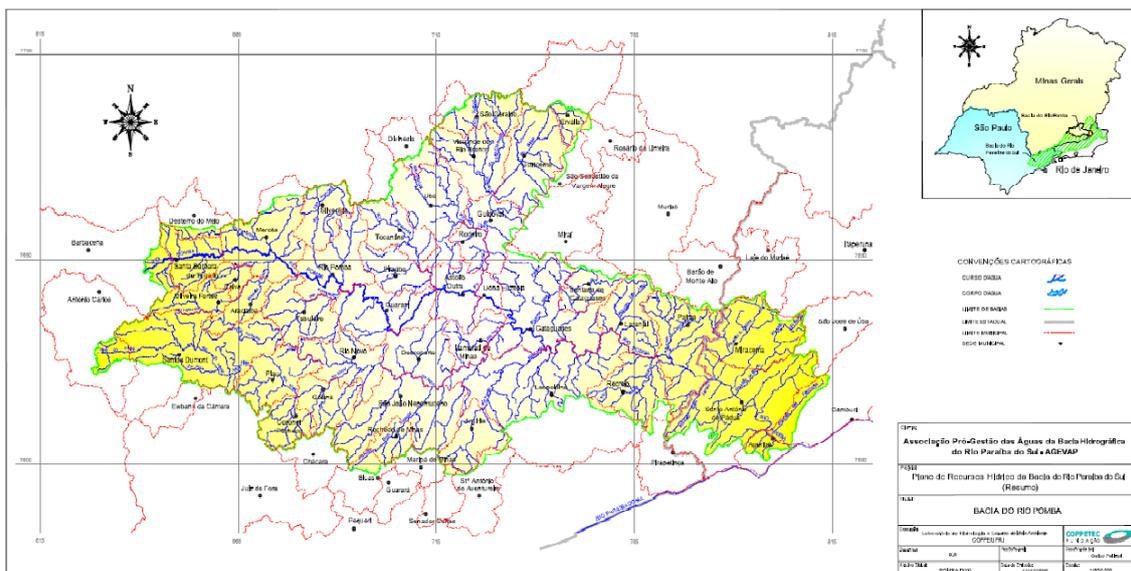
Figura 2 - Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.



Fonte: COHIDRO Consultoria Estudos Projetos, 2014.

Já o rio Pomba nasce na Serra Conceição, no Município de Barbacena, Estado de Minas Gerais, e percorre 265 km até chegar à foz do rio Paraíba do Sul (Figura 3). A sua bacia hidrográfica possui uma área de drenagem de 8.616 km², abrangendo 35 municípios mineiros e 3 fluminenses que juntos possuem uma população de aproximadamente 450 mil habitantes. Duas características marcantes encontradas nesta bacia é a falta de saneamento básico e a degradação ambiental das suas margens (GUEDES *et al*, 2012).

Figura 3 - Bacia Hidrográfica do Rio Pomba.



Fonte: Laboratório de Hidrologia/COPPE/UFRJ, 2006.

Para o seu funcionamento a indústria conta com escritórios, 2 galpões, pátio aberto e vestiário para os funcionários, contando também com um estacionamento para clientes em sua parte frontal.

2.2 Extração de rocha ornamental em Santo Antônio de Pádua

Segundo SÁ (2015) sabe-se que a água é um recurso natural essencial, seja como componente bioquímico de seres vivos, como meio de vida de várias espécies vegetais e animais, como elemento representativo de valores sociais e culturais e até como fator de produção de vários bens de consumo final e intermediário. Na indústria de beneficiamento de rochas ornamentais, a água é utilizada em várias etapas do processo de transformação de blocos em chapas, levando a uma busca econômica e socioambiental para a reutilização de parte da água utilizada no beneficiamento, armazenando a água em um reservatório.

De acordo com Centro de Tecnologia Mineral (CETEM 2014), a extração e o beneficiamento de rochas ornamentais começou em Santo Antônio de Pádua na década de 70, desenvolvendo-se informalmente até a década de 90, quando não mais se podia ignorar os impactos ambientais gerados pelas empresas existentes naquele período. Santo Antônio de Pádua localiza-se no noroeste do estado do Rio de Janeiro, abastecido pelo rio Pomba e é, atualmente, o principal polo de produção de rochas ornamentais do Estado, concentrando ao seu redor cerca de 150 empresas de extração e beneficiamento. Trata-se de rochas gnáissicas que são, desdobradas em “lajinhas e lajotas” não polidas. O processo de deslocamento é feito manualmente e o corte final em serras de disco diamantado, refrigeradas a água.

O principal problema ambiental era a disposição desordenada dos resíduos, os grossos ocupando grandes áreas de armazenamento e os finos lançamento em rios e córregos da região, acarretando seu assoreamento e a contaminação dos cursos de água, inutilizando-a para o consumo humano, dessedentação animal e irrigação agrícola. Visto a grande importância social desta atividade para a região, o Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro – DRM começou um trabalho multi-institucional, buscando a formalização e legalização da produção de rochas.

De acordo com SILVA NETO e SILVESTRE (2009) os proprietários das indústrias de beneficiamento de rochas ornamentais se organizaram, fazendo um Arranjo Produtivo Local (APLs), visando o crescimento da atividade na região noroeste fluminense. No entanto, continuaram a fazer uso de técnicas rudimentares em seus processos produtivos, causando sérios problemas ambientais reduzindo a competitividade com concorrentes mais

especializados tecnicamente. O governo, universidades e organizações da sociedade civil vem tentando desenvolver novas tecnologias a fim de minimizar as dificuldades enfrentadas por esta indústria.

2.3 Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Desde 2007 vem sendo discutido na esfera Federal o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos através da Lei Federal 11.445 que estabelece a Política Nacional de Saneamento Básico e, recentemente, através do Decreto Federal 7.217/2010 que regulamenta a Lei 11.445/2007 e da Lei Federal 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. A Lei 12.305/2010 em seu Art. 4º reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotadas pelo governo federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, municípios ou particulares, com vistas a implementar a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. Em seu Art. 6º apresenta os princípios de gestão dos resíduos sólidos, considerando as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública; o desenvolvimento sustentável; a cooperação entre o poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade; o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico gerador de trabalho, renda, promotor de cidadania e de valor social; gestão integrada de resíduos sólidos; a articulação entre as diferentes esferas do poder público, e destas com o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos e a capacitação técnica continuada na área de resíduos sólidos.

Já em seu Art. 7º destaca-se como objetivo a garantia da saúde pública e da qualidade ambiental; o ato de repensar quanto a produção, minimização, o reaproveitamento, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, a destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos; incentivo à utilização de métodos de produção e consumo sustentáveis de bens e serviços; adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais; quanto aos resíduos perigosos destaca a necessidade de reduzir o volume e a periculosidade; regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, com adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira, observada a Lei nº 11.445, de 2007. No Art. 8º destaca como instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos a coleta seletiva, os sistemas de logística reversa, à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; a participação dos setores público e privado para

se fazer pesquisas de novos produtos, métodos, processos e tecnologias de gestão, reutilização, reciclagem, tratamento de resíduos e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos.

2.4 Resíduos Sólidos

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR n°. 10.004:2004 Resíduos Sólidos - Classificação que substitui a ABNT NBR 10004:1987, resíduos sólidos são os resíduos no estado sólido e semissólido, resultantes de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição.

De acordo com a Política Nacional de Resíduos sólidos, resíduo sólido é definido como:

“Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.”

O desenvolvimento das atividades humanas proporciona uma grande variedade de tipos de resíduos, portanto, houve a necessidade de classificação e para tal, utilizaram-se critérios como o risco potencial de contaminação do meio ambiente, a natureza e a origem do resíduo.

De acordo com a NBR 10.004 da ABNT, quanto aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente os resíduos sólidos podem ser classificados em:

- Classe I ou Perigosos.
- Classe II ou Não inertes.
- Classe III ou Inertes.

O aumento na produção de resíduos teve como fator determinante o acelerado crescimento demográfico da população, aliado a maior capacidade de aquisição e consumo do ser humano. Observa-se que a produção é crescente, fato constatado com um grave problema, não só pela estética, mas também, como descrito por Fellenberg (1980), pela diminuição do espaço útil disponível, ameaça direta à saúde, por agentes patogênicos e danos indiretos à saúde pelo comprometimento do ar e águas subterrâneas.

Verifica-se então o quanto é importante uma correta gestão dos resíduos sólidos, que deve ser iniciada ao final do processo de produção e findada em sua destinação final adequada,

e nesse percurso é indispensável utilizar técnicas e priorizar ações para seu acondicionamento, transporte, sua triagem, reciclagem, valoração e reutilização.

2.5 Desaguamento de finos gerados na forma de efluentes.

Os efluentes gerados no processo de beneficiamento, são constituídos principalmente, de pó fino de rochas e água, e são produzidos durante o processo de desdobramento dos blocos em chapas nas serrarias. Esses efluentes podem conter, dependendo do tipo de corte realizado nas serrarias, partículas finas de ferro ou aço, originadas da granalha usada no corte da rocha, nos teares. Chama-se de desaguamento a separação sólido/líquido, isto é, separação entre o material sólido fino e a água. A separação sólido/líquido é feita, normalmente, por etapas, quais sejam: espessamento, filtração e secagem. Os processos de separação tem por objetivos a obtenção de um sólido desaguado, isto é, com baixo teor de umidade e a produção de um líquido clarificado. Esse líquido clarificado, a água, pode ser reaproveitada e recirculada por quantas vezes se julgar necessário, na própria instalação, ficando os resíduos sólidos desaguados prontos para uma destinação industrial ou serem estocados de maneira adequada.

2.6 Caracterização e classificação das LBRO.

Conforme BRAGA (2010) as lamas de beneficiamento de rochas ornamentais (LBRO) são resíduos que apresentam composição química (variada tabela 1) em função da composição das rochas, do processo de beneficiamento, dos processos de reaproveitamento de águas e lamas, das propriedades dos insumos, entre outros fatores.

Tabela 1 - Composição química média dos resíduos de rochas ornamentais.

Tipos de resíduos	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O
Exclusivo do corte de granitos com granalha	5	2	62	12	7	4	3
Exclusivo de corte de mármore	50	15	5	1	1	0,2	0,1
Mistura de granitos e mármore	21	4	36	9	5	4	2
Exclusivo do corte de calcários	50	5	5	0,5	0,2	0,2	0,2
Exclusivo de corte de quartzito	0,6	-	80	9	1	-	-
Exclusivo do corte de ardósias	2	3	57	6	7	2	2

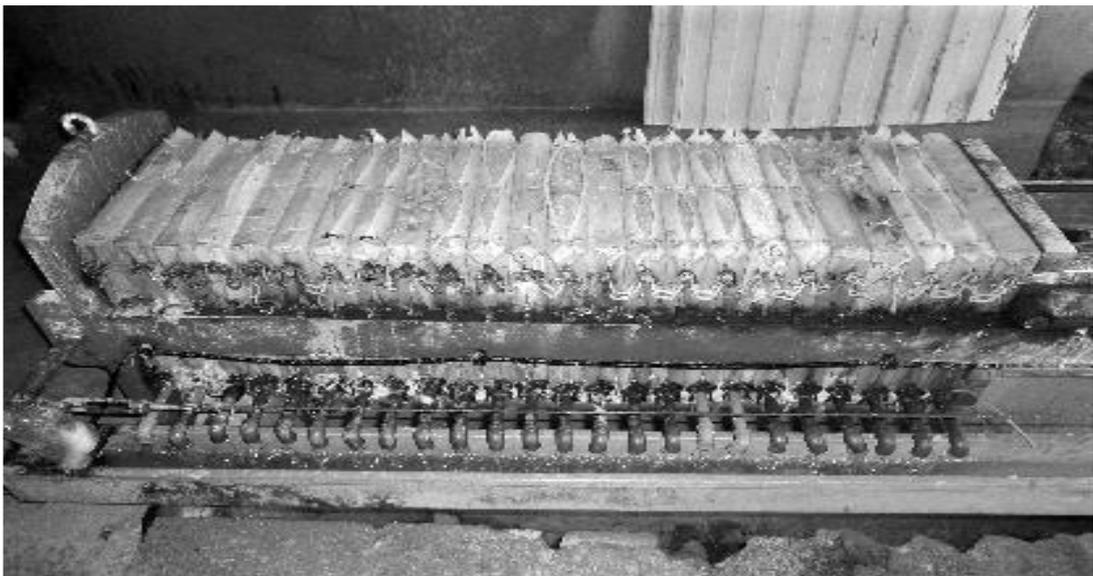
Fonte: Centro de Tecnologia Mineral – CETEM 2012.

Segundo o Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, para transformar um bloco de volume médio 10 m³ em chapas, gera-se 1,5 m³ de resíduo nos casqueiros e aparas e 2,6 m³ em finos do corte. Ainda são gerados nas serrarias resíduos que variam muito em termos de granulometria: grossos (>2 mm) dos casqueiros e aparas, finos (2 ≤ 0,075 mm) e ultrafinos (<0,075mm) do corte e polimento das chapas. Esses resíduos, ainda, são de composição

mineralógica diversa, dependendo dos tipos de rochas beneficiadas. Os resíduos finos e ultrafinos são gerados como efluentes, em forma de lama, já que o processo de beneficiamento é realizado a úmido, motivo pelo qual as unidades de beneficiamento de rochas ornamentais contam com sistemas de separação sólido-líquido, recirculando entre 70 e 95% da água utilizada no processo.

De acordo com FREITAS *et al.* (2012) mesmo apresentando uma relativa uniformidade do volume consumido nos processos de serragem de rochas pelas empresas de médio e pequeno porte, a água ainda é utilizada de forma pouco sustentável. O elevado custo de novas tecnologias, como o filtro prensa (figura 4) e o fato da redução notável da alcalinidade do resíduo, devido à formação de carbonatos (CO_3^{2-}), quando este é armazenado em grandes superfícies e em elevadas temperaturas, pode levar as empresas a adotar meios mais econômicos e satisfatórios, procurando efetivar uma gestão mais sustentável do recurso hídrico.

Figura 4 - Filtro prensa.



Fonte: CETEM/MCTI, 2012

2.7 Lançamento de efluentes em corpos hídricos.

De acordo com o Art. 1º da Resolução CONAMA 430, que dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, alterando parcialmente e complementando a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Segundo este artigo, o lançamento indireto de efluentes no corpo receptor deverá observar o disposto nesta Resolução quando verificada a inexistência de legislação ou normas específicas, disposições do órgão ambiental

competente, bem como diretrizes da operadora dos sistemas de coleta e tratamento de esgoto sanitário.

Já no Art. 2º da Resolução CONAMA nº 430 trata da disposição de efluentes no solo que mesmo tratados, não está sujeita aos parâmetros e padrões de lançamento dispostos nesta Resolução, não podendo, todavia, causar poluição ou contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

Os efluentes de qualquer fonte poluidora, segundo o Art. 3º da Resolução CONAMA nº 430, somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.

Como citado na página 22, as condições de lançamento de efluentes são: a) pH entre 5 e 9; b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura; c) materiais sedimentáveis: até 1 mg/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes; d) Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO 5 dias, 20°C: máximo de 120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

No Art. 18 da Resolução CONAMA nº 430 fica claro que para que a água possua condições de qualidade, deve-se fazer ensaio ecotoxicológico padronizado, verificando a possibilidade de ocorrer efeitos crônicos a organismos presentes no corpo hídrico.

Para o Art. 27 da Resolução CONAMA nº 430, as fontes potencial ou efetivamente poluidoras dos recursos hídricos deverão buscar práticas de gestão de efluentes com vistas ao uso eficiente da água, à aplicação de técnicas para redução da geração e melhoria da qualidade de efluentes gerados e, sempre que possível e adequado, proceder à reutilização.

O Art. 28 Resolução CONAMA nº 430 define que o responsável por fonte potencial ou efetivamente poluidora dos recursos hídricos deve apresentar ao órgão ambiental competente, até o dia 31 de março de cada ano, Declaração de Carga Poluidora, referente ao ano anterior.

2.8 Conservação e reuso de água na indústria.

Segundo estudos feitos pela Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro – FIRJAN (2015), para que as indústrias tornem-se mais competitivas no mercado tanto nacional quanto internacional, devem implantar sistemas e procedimentos de gestão da demanda de água minimizando a geração de efluentes, se possível tratando seus efluentes para reuso interno ou adquirindo água de reuso produzida por companhias de saneamento. Esta prática consiste basicamente na gestão da demanda, ou seja, na utilização de fontes alternativas de água (águas pluviais de telhados ou pátios internos) e na redução dos volumes de água captados por meio da otimização do uso com efluentes industriais controlados e adequadamente tratados, proporcionando benefícios ambientais relevantes permitindo que um volume maior de água fique disponível para outras atividades, redução nas descargas de efluentes contaminados nos corpos hídricos, redução com gastos na captação e uso da água.

É importante lembrar que as opções de reuso só devem ser consideradas após o estudo de redução do consumo, sendo de grande importância se conhecer a qualidade mínima necessária para atender o processo ou operação industrial em que se deseja utilizá-la. A água de reuso foi classificada em quatro tipos conforme tabela 2:

Tabela 2 – Classes de água de reuso pela NBR-13.969 e padrões de qualidade

Água de Reuso	Aplicações	Padrões de Qualidade
Casse 1	Lavagem de carros e outros usos com contato direto com o usuário	Turbidez < 5 uT Coliformes Termotolerantes < 200 NMP/100ml pH entre 6 e 8 Cloro residual entre 0,5 mg/L a 1,5 mg/L
Classe 2	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção de lagos e canais paisagísticos, exceto chafariz.	Turbidez < 5 uT Coliformes Termotolerantes < 500 NMP/100ml Cloro residual entre 0,5 mg/L a 1,5 mg/L
Classe 3	Descarga de vasos sanitários	Turbidez < 10 uT Coliformes Termotolerantes < 500 NMP/100ml
Classe 3	Irrigação de pomares, cereais, forragens, pastagem para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.	Coliformes Termotolerantes < 5000 NMP/100ml Oxigênio dissolvido > 2,0 mg/L

Fonte: Manual de Conservação e Reuso de Água na Indústria (FIRJAN) 2015.

2.8.1 Plano de conservação e reuso de água (PCRA)

Para a indústria é uma importante ferramenta na promoção do uso racional da água visando uma caracterização qualitativa e quantitativa da água consumida e dos efluentes gerados em cada setor onde a mesma é operacionalizada. Para elaboração do PCRA é necessário um levantamento de dados que consiste em uma análise documental, um levantamento de dados no campo, uma compilação e apresentação de dados. Para que se obtenha êxito no programas de conservação e reuso de água depende da participação de equipes devidamente capacitadas.

Para a obtenção dos melhores resultados, é recomendada a contratação de profissionais ou empresas habilitadas para desenvolvimento e implementação de PCRA's.

2.8.2 Utilização de efluentes como água de reuso

Segundo o Manual de Conservação e Reuso de Água na Indústria (FIRJAN 2007), existem duas alternativas, sendo a primeira o reuso macro externo e a segunda o reuso macro interno que consiste em reuso de cascata e de efluentes tratados. Os efluentes gerados na indústria, devido a forma de coleta, dificilmente são usados na forma de cascata, ficando então o reuso de efluentes tratados a forma mais utilizada pelas indústrias, pois consiste na utilização dos efluentes gerados no local e que após tratamento adequado volta a ser utilizado na linha de produção.

2.8.3 Aproveitamento de águas pluviais

Alternativa importante na captação de água visto os grandes telhados e pátios das indústrias. Água está com qualidade superior à dos efluentes gerados no processo de produção, devendo ser utilizada como complementar às fontes convencionais.

2.9 Monitoramento dos processos na indústria, automação

Com o objetivo de reduzir o consumo e custos financeiros gastos na compra de produtos químicos usados na floculação e controle de pH bem como evitar o gasto excessivo de água no processo de beneficiamento torna-se necessário melhorias no monitoramento, que atualmente é feito com peixes e aves, ausência total de um controle automatizado.

Para a melhoria do monitoramento do processo de reuso da água recomenda-se a instalação de sensores de pH no primeiro tanque para acompanhar o valor de pH da água que é utilizada para resfriar as lâminas de corte e conter a expansão do pó da pedra ornamental e no último tanque de decantação tendo assim o objetivo de acompanhar o valor de pH que vai ser lançado no leito do rio. O monitoramento da vazão da água que é utilizada para refrigerar as máquinas de corte é útil para mensurar o gasto de água por m³ de pedra. O projeto de automação pode ser uma alternativa para maior controle e precisão das variáveis envolvidas no processo, o que tende a justificar um sistema de reuso de água mais eficiente, barato e sustentável.

3. Material e Métodos

3.1 Material

Durante o desenvolvimento das atividades propostas no trabalho foram necessários:

- Veículo disponível para coleta de amostras.

- Materiais de Laboratório para análise físico-química, tais como: frascos esterilizados usados na coleta de amostras, reagente colilert IDXX, estufa ethik, molde para selagem, cartela para cultura, leitor de UV Boitton, papel fino secante, erlenmeyers de com várias medidas de volume, barra magnética, agitador magnético, suportes e garras, oxímetro instrutherm MO 890, incubadora BOD digital Cienlab, placa de agitação, aparelho de medição de DBO com suporte/rack para garrafas integrado, sensores, garras, suporte de borracha, frascos para medição de amostras (157 a 428 mL), inibidor de nitrificação ATH, solução de hidróxido de potássio 45%, Beckers de vários volumes, funil, bureta, pHmetro Thermo Scientific, pissete com água destilada ou deionizada, soluções tampão com pH 4,01, pH 7 e pH 10,01, turbidímetro MS Tecnopon Instrumentação, cubeta para amostras, Pocket Colorimeter II Hach, cronômetro, reagentes para cloro total DPD, conta gotas, refratômetro portátil de alta resolução para salinidade UNITY,
- Sonda multiparamétrica.
- Hidrômetros.
- Sensores de medição de vazão – arduíno mega 2560
- Sensor de distância ultrassônico HC-SR04
- Medidor de consumo de energia elétrica **marca modelo**
- pH *sensor kit*
- Medidor de energia elétrica PowerNET P - 600

3.2 Métodos

- Análises Físico-química e microbiológica da água coletada *in loco*.

Foram feitas cinco coletas para análise, sendo a primeira em maio de 2016, a segunda em setembro de 2016, a terceira em dezembro de 2016, a quarta em março de 2017 e a quinta em junho de 2017.

- ✓ Colilert para contagem de *E. coli* e bactérias coliformes em água.

O método Colilert é um ensaio criado especificamente para contagem NMP de *E. Colli* e bactérias coliformes em água, potável ou não, com ou sem tratamento, o ensaio mede simultaneamente o total de Coliformes e de *E. Coli* em amostras de água. A base do ensaio é a tecnologia do substrato definido (DST – Defined Substrat Technology). O reagente DST é misturado em 100 mL de amostra e esta é incubada. As bactérias coliformes produzem a coloração amarela da amostra

por meio da ação da β -galactosidase sobre ONPG (ortonitrofenil- β -D-galactopiranosídeo). A *E. Coli* é a bactéria termotolerante que apresenta fluorescência azul sob luz UV devido à ação da β -glicocuronidase sobre o MUG (4-metilumbeliferil- β -D-glicuronídeo (Ministério do meio Ambiente – Resolução CONAMA nº 357).

✓ Determinação de Oxigênio Dissolvido (OD) e Temperatura.

Representa a quantidade de oxigênio molecular (O_2) dissolvido na água, expresso, geralmente em $mg\ L^{-1}$ em uma dada temperatura e pressão. Provém naturalmente de processo de dissolução/aeração das águas e como produto da reação de fotossíntese, variando em função da temperatura e salinidade da água e da pressão atmosférica. Reduções significativas nos teores de OD podem ser provocadas por despejos de origem orgânica (esgotos e alguns efluentes industriais) e/ou por elevação da temperatura, que pode diminuir a solubilidade do oxigênio na água. O OD é essencial à manutenção da biota aquática (FIORUCI & FILHO, 2005). O valor mínimo de OD segundo Resolução CONAMA nº 357 para águas doces classe I é de $6\ mg\ L^{-1}$, classe II é de $5\ mg\ L^{-1}$, classe III é de $4\ mg\ L^{-1}$, classe IV é de $2\ mg\ L^{-1}$. (Ministério do meio Ambiente – Resolução CONAMA nº 357).

✓ Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).

Parâmetro mais usual de indicação de poluição por matéria orgânica, a determinação envolve a medida do oxigênio dissolvido utilizado pelos microrganismos na oxidação bioquímica de matéria orgânica. A DBO é avaliada experimentalmente determinando a concentração de OD antes e após um período (5 dias) durante o qual a amostra é mantida no escuro, a temperatura de $20\ ^\circ C$ e sob leve agitação. A DBO é expressa em $mg\ L^{-1}$, sendo empregada na determinação da quantidade aproximada de oxigênio que será necessária para oxidar biologicamente a matéria orgânica presente na água. (FIORUCI & FILHO, 2005). Os valores máximo de DBO segundo Resolução CONAMA nº 357 para águas doces classe I é de $3\ mg\ L^{-1}$, classe II é de $5\ mg\ L^{-1}$, classe III é de $10\ mg\ L^{-1}$. (Ministério do meio Ambiente – Resolução CONAMA nº 357).

✓ Potencial Hidrogeniônico (pH), com leitura direta no pHmetro.

Refere-se a concentração relativa dos íons hidrogênio em uma solução, sendo calculado como logaritmo negativo de base 10 de concentração de H^+ em mols por litro, indicando alcalinidade ou acidez da solução. O pH tem influência

indireta no que diz respeito a precipitação de compostos químicos tóxicos e na solubilidade de nutrientes em ecossistema aquáticos. O pH também influi nos processos de tratamento em uma ETA (www.cetesb.sp.gov.br). Valores esperado de pH segundo Resolução CONAMA nº 357 para águas doces classe I, II e III varia de 6 a 9. (Ministério do meio Ambiente – Resolução CONAMA nº 357).

- ✓ Turbidez, utilizando o método do turbidímetro digital.

Refere-se ao grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar uma amostra de água devido a presença de sólidos em suspensão, como partículas inorgânicas e detritos orgânicos. Os valores máximos de acordo com a Resolução CONAMA nº 357 para águas doces de classe I – 40 UNT, classe II – 100 UNT, classe III – 100 UNT. (Ministério do meio Ambiente – Resolução CONAMA nº 357).

- ✓ Condutividade elétrica.

Para avaliar a condutividade elétrica, será utilizado um condutivímetro digital. Refere-se a capacidade da água em conduzir corrente elétrica, e de concentrações iônicas e da temperatura indicando as quantidades de sais existentes na coluna d'água. Níveis acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados (www.cetesb.sp.gov.br) (Ministério do meio Ambiente – Resolução CONAMA nº 357).

- ✓ Cloro total e cloro livre.

O cloro total é a soma do cloro livre e do cloro combinado. Chama-se cloro residual livre o cloro presente na água na forma de ácido hipocloroso (HClO) ou íon hipoclorito (ClO^-), e cloro residual combinado o cloro presente na água nas formas de mono, di ou tricloroaminas. O valor máximo de cloro total de acordo com a Resolução CONAMA nº 357 para água doces classe I – $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ e classe II – $0,01 \text{ mg L}^{-1}$

- ✓ Salinidade.

Mede a quantidade de sais dissolvidos na água. A salinidade das águas doces é dada em ppb ou ppt, ou seja, é normalmente muito baixa. De acordo com a Resolução CONAMA nº 357 são adotadas as seguintes definições:

- águas doces – salinidade igual ou inferior a 0,5 por mil.
- águas salobras – salinidade entre 0,5 e 30 por mil.
- águas salinas – salinidade superior a 30 por mil.

- ✓ Metais em ambientes aquáticos pela técnica de espectrometria de absorção atômica em chama (AAS). Átomos no estado fundamental são capazes de absorver energia luminosa de um comprimento de onda específico, alcançando um estado excitado. Aumentando-se o número de átomos presentes no caminho óptico pode-se aumentar a quantidade de radiação absorvida. Medindo-se a variação da quantidade de luz transmitida, pode-se realizar uma determinação quantitativa do analítico presente. Disponível em www.ifrj.edu.br/webfm_send/545 Monitoramento de quantidade e qualidade de água.
- ✓ O pH sensor kit é um sistema de monitoramento de pH altamente compacto. O kit inclui soluções para calibração, sonda de pH e uma placa para se conectar diretamente ao um microcontrolador. Esta configuração permite que o usuário monitore o pH de forma precisa, sem ter que adicionar qualquer circuito ou componentes adicionais ao seu sistema. A comunicação com o Circuito pH é feito usando apenas 11 comandos simples. O circuito de pH fornece médias de leituras científicas para qualquer sistema integrado que tem uma interface de conexão RS232 (oscilação de tensão 0-VCC, não +/- 12 volts)
- ✓ O sensor de fluxo de água é constituído por um corpo de válvula plástica conforme a um rotor de água, e um sensor de efeito Hall. Segundo Moraes (2012), um dispositivo Hall constitui-se tipicamente de uma placa de metal ou semicondutor de comprimento l , espessura t e largura w . Quando uma corrente I_x passa pela placa, estando sujeita a uma densidade de fluxo magnético B_z perpendicular ao plano da placa, uma tensão Hall aparecerá nos contatos laterais. Quando a água flui através do rotor ela representa uma corrente, desta forma haverá uma tensão Hall variando no sensor de acordo com a vazão de água.
- ✓ O sensor ultrassônico é dividido em duas partes como está representado na, um receptor e um emissor, onde o circuito emissor gera uma onda senoidal de 40 KHz, já o receptor terá um filtro amplificador e a saída é ligada no pino Echo. Quando o pino de Trigger é acionado, o oscilador gera um sinal de curta duração que se propaga no ar a uma velocidade aproximada de 340 m/s. Após o pino de Trigger ser desligado, se o sinal enviado for refletido e captado pelo receptor haverá um sinal em Echo. O cálculo da distância não é feito pelo sensor (KEMPER, 2011).

- ✓ Entre os modelos de Arduíno no mercado, o modelo MEGA 2560, possui a maior quantidade de portas de entradas e saídas. Desta forma, consegue-se implementar projetos mais complexos e com um baixo custo. O Atmega2560 tem 256 KB de memória flash para armazenamento de código (dos quais 8KB são usados pelo bootloader), 8 KB de SRAM e 4 KB de EEPROM.

Para uma análise previa da água foram realizadas coletas em 7 pontos (Figuras 5, 6, 7, 8, 9 e 10), utilizando um béquer (volume 1L) para coleta no corpo receptor e recipientes de vidro (100 mL) devidamente esterilizados com a finalidade de acondicionar a amostra para análise microbiológica e frascos de plástico (500mL) com a finalidade de acondicionar a amostra para análises físico-química. Todos os recipientes contendo amostras foram armazenados em caixa térmica para assegurar as características das mesmas:

Figura 5 - Ponto 1, Coleta direta no rio no local onde a água é captada



Fonte: Arquivo dos autores 2016

Figura 6 – Ponto 2: Saída de água da serra maior e entrada no primeiro tanque de decantação



Fonte: Arquivo dos autores 2016

Figura 7 – Ponto 3: Segundo Tanque de decantação



Fonte: Arquivo dos autores 2016.

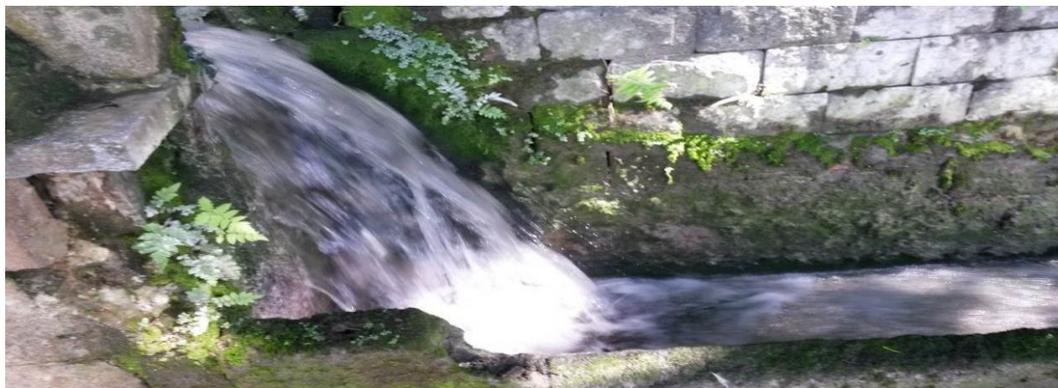
Figura 8 - Pontos 4 e 5: terceiro e quarto tanque de decantação.



Fonte: Arquivo dos autores 2016.

O ponto seis, trata-se do tanque de reuso que está abaixo da superfície (cistern) a do piso da empresa.

Figura 9 - Ponto 7: Calha de saída de água para o descarte no rio (água residual final)



Fonte: Arquivo dos autores 2016.

Figura 10 - Pontos de coleta de água para análise na Pedras Paraiso, Santo Antônio de Pádua, RJ.



Fonte: Google Earth, Data da imagem: 30/10/2012

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

A água utilizada na produção da indústria vem da captação de água no rio Pomba, sem nenhum tipo de controle do volume consumido, e da concessionária pública de abastecimento de água com um consumo médio de 20 m³ mensais de água. Não há aproveitamento de água da chuva.

Uma vez captada, a água que vem do rio segue por dois caminhos:

a) Pedra menor:

- Segue para as 3 serras circulares com um consumo aproximado de 30 l/min;

b) Pedra maior:

- Segue para a serra grande circular com um consumo aproximado de 80 l/min;
- Após passar pelas serras, a água segue para ser tratada em 3 tanques de decantação. Estes três tanques estão conectados, sendo que o primeiro não recebe o floculante (sulfato de alumínio Al₂(SO₄)₃) e possuem 10,5 m³, 128 m³ e 41 m³ de volume respectivamente. Após passar pelos 3 tanques a água residual segue para uma cisterna com volume aproximado de 6,8 m³. Foi informado por funcionários que, após chegar a cisterna, essa água residual ou é reaproveitada (o que não foi observado) ou é direcionado para o rio Pomba, sem sofrer nenhum tipo de análise antes. A limpeza do primeiro tanque (que acumula mais sedimentos) de decantação é realizada durante feriados prolongados e foi

informado que a cada 3 meses saem aproximadamente 5 caminhões carregando 75 m³ de pó residual. O proprietário está negociando com uma olaria localizada no Município de Campos dos Goytacazes que pretende usar o pó residual para melhorar a qualidade da argila, porém o custo com o transporte vem dificultando a negociação.

Ao serem questionados sobre a existência de alguma forma de monitoramento das águas foi informado por um dos funcionários que há peixes nos tanques de decantação com esse intuito, pois detectada a mortandade desses peixes, significa que o pH da água está alterado. Quando o pH não está alto a água é reutilizada.

A água que vem da concessionária pública de abastecimento de água é direcionada para 6 caixas d'água, distribuídas da seguinte maneira:

- 2 caixas nos vestiários (2 chuveiros, 2 vasos);
- 1 caixa no refeitório (1 filtro, 1 torneira);
- 2 caixas no prédio de escritórios (1 copa – 1 torneira e 1 banheiro, 1 chuveiro, 1 torneira e 1 vaso);
- 1 na caixa para a lavagem de equipamentos;

Essas águas (exceto a de lavagem) vão para 2 fossas, uma atrás do prédio principal com 25 m³ e outra abaixo do vestiário com 100 m³.

Pelas análises feitas no laboratório LABFOZ IFFluminense (Tabela 3) – Polo de Inovação Campos dos Goytacazes, de acordo com a Resolução nº 357 do CONAMA verificou-se que:

- o parâmetro OD para o ponto 3, enquadra para lançamento em corpo hídrico de classe III e para os demais pontos se enquadra para lançamento em corpo hídrico de classe II.

- para o parâmetro pH verificou-se que todas as amostras estão dentro do padrão para retorno ao corpo hídrico.

- para o padrão da condutividade verificou-se tratar de um ambiente impactado nos pontos 2 a 5.

- para Sólidos totais dissolvidos verificou-se que o ponto 1 apresentou um valor muito menor que os pontos 2 a 5.

- para turbidez, verificou-se que o ponto de coleta 1 está dentro do padrão para lançamento em corpo hídrico de classe I e os demais pontos 2, 3 e 4 estão fora dos padrões para classificação II e III e por isso estão impróprias para lançamento em corpos hídrico:

- para os sólidos totais dissolvidos verificou-se que a amostra coletada no corpo hídrico apresenta um valor muito inferior cerca de 50% dos outros pontos de coleta, caracterizando assim uma grande presença de sólidos nos outros pontos de coleta.

- como a condutividade está diretamente relacionada aos sólidos dissolvidos verificou-se a mesma variação do ponto de coleta 1 para os demais pontos ocorrendo um aumento de aproximadamente 50%.

Tabela 3 - Análises Físico-Químicas

Ponto	pH	Temperatura (°C)	OD (ppm DO)	Condutividade (µS/cm)	TDS (ppm Tds)	Turbidez (UNT)
1	6,97	25,15	3,77	65	33	5,7
2	8,38	25,34	4,22	99	50	879
3	6,85	25,3	3,65	133	67	777
4	NA	NA	NA	NA	NA	NA
5	7,11	25,25	2,4	127	63	1350
6	NA	NA	NA	NA	NA	NA
7	6,92	25,1	3,71	107	53	432

NA – Não Analisados.

Fonte: arquivo dos autores 2015.

Para as análises microbiológicas (tabela 4) verificou-se que todas as amostras exceto a do ponto 5 estão dentro dos padrões exigidos pela resolução 357 do CONAMA para águas doce de classe 3, o valor apresentado pelo ponto 5 será reavaliado devido a discrepância com os demais pontos analisados.

Tabela 4 – Resultados da análise microbiológica (NMP: número mais provável).

Ponto	Colif. Termotolerantes (NMP)	Colif. Totais (NMP)
1	2419,6	2419,6
2	2419,6	2419,6
3	2419,6	2419,6
4	2419,6	2419,6
5	2419,6	2419,6
6	207,7	2419,6
7	2419,6	2419,6

Fonte: arquivo dos autores 2015.

5. CONCLUSÕES

- Constatou-se haver a necessidade de várias coletas de material a ser analisado em períodos distintos pois apesar de contaminada com pó de pedra, a maior parte da água utilizada na análise prévia está em conformidade com a CONAMA 357/2005.
- Há desperdício de água devido à falta de controle na utilização da mesma linha de produção, gerando uma grande necessidade de controle automatizado.
- Conclui-se que a forma mais eficiente de se reduzir a capacitação de água diretamente do corpo hídrico seria o reuso de água na indústria através da reutilização do efluente líquido gerado na produção e a captação de água pluviais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia Nacional das águas ANA
<<http://www2.ana.gov.br/Paginas/institucional/SobreaAna/>> Acesso em dezembro de 2015

ANA. **Bacia do rio Paraíba do Sul.** Disponível em
<<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/outorgaefiscalizacao/RioParaibadoSul.aspx.>>
Acesso em 27/06/2016.

ANVISA <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/portal/anvisa/home>> Acesso em dezembro de 2015

Arduíno Mega Disponível em: <http://multilogica-shop.com/Arduino-mega>. Acesso em Julho de 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT. NBR - 10.004: Resíduos sólidos – classificação. 2004< <http://www.abnt.org.br/abnt/conheca-a-abnt>>

.....**2004b. NBR 10.006:** Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos, Rio de Janeiro.

..... **2004c. NBR 10.007:** Amostragem de resíduos sólidos, Rio de Janeiro.

BRAGA, Florindo dos Santos et al. Estudo e classificação e quantificação das lamas geradas no processo de beneficiamento de rochas ornamentais. **Revista de Engenharia Sanitária Ambiental**, v.15, n.3, p.237-244, 2010.

BRASIL. Lei nº. 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a política nacional de resíduos sólidos; altera a Lei nº. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências**. Diário Oficial da União, 23/12/2010.

Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro – FIRJAN. **Manual de Conservação e Reúso de Água na Indústria**: DIM, 2006.1ª Edição

GUEDES, H.A.S.; SILVA, D.D. da; ELESBON, A.A.A. **Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v. 16, n. 5, p.558-563, 2012.

FELLENBERG, G. **Introdução aos problemas da poluição ambiental**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo – EDUSP, 1980.

FIORUCI, A. R. & FILHO, E. B., A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Química Nova na Escola nº 22**. Novembro de 2005.

FREITAS J. J. G. de Características químicas dos resíduos de serragem segregados de rochas ornamentais do estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Geociências**, volume 42(3) 615-624, 2012

Instituto Estadual Ambiental INEA Disponível em
<<http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown>> Acesso em dezembro de 2015

Introdução ao Arduino. UFMS - Mato Grosso do Sul, 2012. Disponível em:
<http://destacom.ufms.br/mediawiki/images/9/9f/Arduino_Destacom.pdf>. Acesso em: Abril de 2016.

KEMPER. HC-SR04 – Sensor de Ultrassom. Disponível em: <<http://www.kemper.com.br/wordpress/2011/08/30/hc-sr04-um-sensor-de-ultra-som-barato/>>. Acesso em: Abril de 2016.

Ministério do Meio Ambiente – CONAMA – Resolução 357. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/portconama/legiabre.cfm?codleg=459>> Acesso em dezembro de 2015

.....CONAMA – Resolução 430 de 2011. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/portconama/legiabre.cfm?codleg=459>> Acesso em dezembro de 2015

.....CONAMA – Resolução 430 de 2011. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>> Acesso em dezembro de 2015

..... Política Nacional de Resíduos Sólidos <<http://www.mma.gov.br/politica-de-residuossolidos>> Acesso em abril de 2016

pH Sensor kit. Disponível em: <<https://www.sparkfun.com/products/10972>>. Acesso em abril de 2016.

SÁ, R. F. Análise da água utilizada no processo de desdobramento das rochas ornamentais de uma empresa de Campina Grande - PB

Disponível em: <http://dspace.bc.uepb.edu.br:8080/xmlui/handle/123456789/6829>
Acesso em: 25/10/2015.

SILVA NETO, R.; SILVESTRE, B. S. Inovação tecnológica como agente de redução de impactos ambientais da indústria de rochas ornamentais no estado do Rio de Janeiro. **Ambiente Construído (Online)**, v. 13, p. 235 ROCHA, J. C. ROSA, A. H. CARDOSO, A. A. **Introdução à química ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009 256 p.

ARTIGO CIENTÍFICO II
(Artigo enviado para submissão na revista **Produção e Desenvolvimento**)

**CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES GERADOS NA PRODUÇÃO DE ROCHAS
ORNAMENTAIS DE UMA INDÚSTRIA DE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA.**

Sérgio Luís vieira do Carmo

Mestrando em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal Fluminense Licenciatura em
Química e Física pela FAFISME

Vicente de Paulo Santos de Oliveira

Doutor em Engenharia Agrícola / Universidade Federal de Viçosa

RESUMO

O aumento no consumo, a redução nas precipitações, o alto grau de desperdício e a poluição dos mananciais vem levando a sociedade a buscar novas formas de relação entre as atividades dos diversos setores e o uso dos recursos hídricos. Buscou-se com este trabalho fazer uma caracterização do uso da água em uma indústria de pedras ornamentais, caracterizando suas propriedades físico-químicas e dos efluentes gerados, fazendo um monitoramento da quantidade e qualidade da água usada no processo de beneficiamento e dos efluentes gerados desde a captação até o retorno para o corpo hídrico em questão, que é o Rio Pomba. Foram realizadas cinco coletas de água residuária entre os meses de novembro de 2016 e maio de 2017, determinou-se os seguintes parâmetros: pH, turbidez, sólidos totais (ST), oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), condutividade, coliformes termotolerantes (CT), mediu-se também o consumo de eletricidade pelas bombas de captação. As amostras foram coletadas e preservadas conforme NBR 15469. Após a coleta e análise dos dados, concluiu-se que depois de efetuado o tratamento do efluente, todos os parâmetros analisados estão dentro dos padrões da resolução 357/05 e 410 do CONAMA para lançamento de efluente em corpos hídricos.

Palavras chave: Efluentes residuários, reuso de água, impactos socioambientais

ABSTRACT

The increase in consumption, the reduction in precipitation, the high degree of waste and the pollution of water sources have led society to seek new forms of relationship between the activities of the various sectors and the use of water resources. This work aimed to characterize the use of water in an ornamental stone industry, characterizing its physicochemical properties and generated effluents, monitoring the quantity and quality of the water used in the beneficiation process and the effluents generated from The capture until the return to the water body in question, which is the River Pomba. The following parameters were determined: pH, turbidity, total solids (ST), dissolved oxygen (OD), biochemical oxygen demand (BOD), Conductivity, thermotolerant (TC) coliforms, the consumption of electricity by the capture pumps was also measured. After the data collection and analysis, it was concluded that after the treatment of the effluent, all parameters analyzed are within the standards of resolution 357/05 and 410 of CONAMA for the launching of effluent in water bodies.

Keywords: Residual effluents, water reuse, social and environmental impacts.

1 – INTRODUÇÃO

O aumento indiscriminado no consumo de água, a redução nas precipitações, o alto grau de desperdício e a poluição dos mananciais, vem reduzindo a oferta desse produto essencial a vida de todos os seres vivos, levando a sociedade a buscar novas formas de relação entre as atividades dos diversos setores e o uso dos recursos hídricos, que a cada dia se tornam mais escassos.

Os efluentes sem tratamento, quando atingem os cursos d'água, causam alterações nas características físicas, químicas e microbiológicas, afetando diretamente a flora e a fauna aquática e o próprio homem. Assim, os recursos hídricos receptores de efluentes sem tratamento prévio podem ter a qualidade da água seriamente comprometida.

Segundo o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM 2014), a produção mundial estimada de rochas ornamentais atingiu 136.500 Mt, com a China respondendo por cerca de 31,1%. O Brasil se posiciona em 4º no ranking mundial de produção, com 7,4% .

A produção brasileira estimada pela Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais (Abirochas 2015), está em torno de 9,5 milhões de toneladas de rochas ornamentais (\cong 7% da produção mundial), com 1.500 pedreiras ativas, 10 mil empresas gerando cerca de 120 mil empregos diretos no setor, quinto maior produto de base mineral exportado pelo Brasil, atrás do minério de ferro, minério de cobre, ouro e ferro-nióbio, é o principal fornecedor para o mercado dos EUA (USD 792,2 milhões exportados), maior e melhor produtor mundial de chapas (capacidade de 93 milhões m²/ano) com 320 teares multifio diamantados em operação (100 teares de fabricação nacional).

Segundo dados do Anuário Mineral Brasileiro (AMB 2013), as reservas recuperáveis (30% das reservas medidas) são da ordem de 6 bilhões de m³ de rochas ornamentais no Brasil, não existindo estatísticas consolidadas sobre as reservas mundiais.

Tabela 1 Produção - dados mundiais 2013

Discriminação	Produção (10 ³ t)			%
	2011	2012	2013	
Países				
Brasil	9,000	9.300	10.500	7,5
China	33.000	36.000	38.000	30,8
Egito	3.500	3.500	3.000	2,4
Espanha	5.750	5.500	5.250	4,3
Índia	13.250	14.000	17.500	14,2
Irã	8.500	7.000	8.500	5,7
Itália	7.800	7.500	7.250	5,9
Portugal	2.750	2.750	2.750	2,2
Turquia	10.000	10.600	11.500	9,3
Outros países	18.050	18.650	21.950	17,8
Total	111.500	116.000	123.500	100

Fonte: Dados mundiais segundo estimativas da XXIV Rapporto Marmo e Pietrenel Mondo 2013 (XXIV Report Marble and Stones in the World), elaborado pelo Dr. Carlo Montani “Relatório 2013”; (1) Produção estimativa da Abirochas (Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais).

Segundo o Relatório Técnico 33, Perfil de Rochas Ornamentais e de Revestimento do Ministério de Minas e Energia – MME, as rochas comercialmente classificadas como granitos correspondem a quase 50% do total produzido. Espírito Santo e Minas Gerais são os principais polos de lavra no Brasil. A produção do Espírito Santo inclui apenas mármore e granitos, enquanto a de Minas Gerais abrange granitos, ardósias, quartzitos, pedra-sabão, pedra-talco, serpentinito, itabirito, dentre outros tipos.

A defasagem tecnológica das indústrias, a baixa qualificação dos empresários e trabalhadores, causam sérios problemas sociais, ambientais comprometendo a competitividade tanto no mercado nacional como no internacional (SILVESTRE e NETO, 2014).

Ainda segundo SILVA NETO e SILVESTRE (2013), os impactos ambientais referentes a exploração e beneficiamento de rochas ornamentais na região, destacam-se a perda de matéria prima na extração que chega em torno de 30%, deixando a área explorada sem a menor condição de reutilização, acarretando sérios prejuízos tanto econômicos como ambientais, pois a parte não utilizada (resíduos) fica espalhada por toda a área de extração.

Em entrevista com funcionários e proprietário da empresa foco do estudo, foi relatado que no desdobramento da rocha, a perda pode chegar a 50% o que gera um grande acúmulo de resíduos (cascalho) cerca de 20m³ ao mês e ainda durante o desdobramento ocorre a liberação do pó de pedra junto com a água usada para resfriar os discos de corte, formando uma lama

residuária, que geralmente são lançadas nos corpos hídricos sem o devido tratamento, que consiste em separar o pó de pedra da água.

A definição da qualidade da água, de acordo com a resolução 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente e nas resoluções 410 de 2009 e 430 de 2011 e suas alterações (CONAMA de 2005), faz referência ao tipo de uso ao qual se destina e estipula os padrões de qualidade. Os parâmetros são definidos em limites toleráveis das substâncias presentes de acordo com o uso da água.

O objetivo deste trabalho foi fazer um diagnóstico da qualidade da água, caracterizando suas propriedades físico-químicas e dos efluentes gerados, fazendo um monitoramento da quantidade e qualidade da água usada no processo de beneficiamento e dos efluentes gerados desde a captação até o retorno para o corpo hídrico em questão, que é o Rio Pomba importante afluente do Rio Paraíba do Sul.

2. Material e Métodos

2.1 Área de estudo.

Este estudo foi realizado em uma indústria produtora de pedras decorativas, que atua no mercado desde 1988, comercializando pedras decorativas para o mercado nacional e internacional, localizada no Município de Santo Antônio de Pádua, RJ, na Rodovia Pádua-Monte Alegre, Km 02, sob as coordenadas UTM 24 K 793873.47 m E e 7615338.26 m S, conforme figura 01.



Figura 01 Localização da cidade de Santo Antônio de Pádua no Estado do Rio de Janeiro.

Fonte: www.google.com.br/maps/place/Santo+Antônio+de+Pádua+-+RJ. Acesso em 10/07/2017

A indústria ocupa uma área de aproximadamente 3.980 m², além de possuir jazida própria para extração de pedras que dista aproximadamente 7 km do local. A área ocupada pelo empreendimento é margeada pelos fundos com o Rio Pomba.

2.2 Coleta de amostras

Foram feitas cinco coletas durante o ano de 2016 e 2017 nos pontos de coordenadas: ponto 1 (captação no rio) 21° 32' 29.22'' S e 42° 9'45.37'' O, ponto 2 (1° tanque de decantação, saída das serras) 21° 32' 26.85'' S e 42° 9'46.61'' O, ponto 3 (2° tanque de decantação) 21° 32' 26.56'' S e 42° 9'46.80'' O, ponto 4 (3° tanque de decantação) 21° 32' 26.02'' S e 42° 9'47.05'' O, ponto 5 (4° tanque de decantação) 21° 32' 26.30'' S e 42° 9'46.89'' O, ponto 6 (Tanque de reuso) 21° 32' 28.31'' S e 42° 9'45.85'' O e ponto 7 (Calha de retorno para o corpo hídrico) 21° 32' 28.79'' S e 42° 9'44.40'' O, conforme figura (1). A localização dos pontos permite a replica para novas coletas e também verificar a variação dos parâmetros físicas e químicas e microbiológicas no decorrer do processo de separação do sólido (pó) da água. As amostras foram conservadas obedecendo as normas determinadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 9.898/87 (ABNT, 1987)



Figura 2. localização dos pontos dos pontos de coleta das amostras.

Fonte: *Google Earth Pro.* (02/07/2017).

2.3 Análises físicas e químicas

As análises do efluente, foram realizadas nos laboratórios, Polo de Inovação Campos dos Goytacazes (PICG), LABOFOZ e no laboratório de solos do IFF *campus* Bom Jesus do Itabapoana. Os constituintes químicos do resíduo sólido foram identificados e analisados pelo Laboratório da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) Cento de Análises. As amostras foram coletadas de acordo com a ABNT NBR 15469, todas em triplicata, nas

seguintes datas: 10/10/2016, 11/11/2016, 13/04/2017, 16/03/2017 e 11/05/2017. Para a aferição dos parâmetros temperatura, condutividade e pH, usou-se uma sonda multiparamétrica (HANNA modelo HI9811-5). Para os valores de oxigênio dissolvido (OD) usou-se o oxímetro instrutherm MO 890, para a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) utilizou-se uma Incubadora BOD Digital Cienlab. A turbidez foi determinada a partir de um turbidímetro (MS Tecnopon Instrumentação), os sólidos totais (ST) pelo método gravimétrico e a quantificação de coliformes termotolerantes (CT) foi realizada utilizando-se do método colilert.

2.4 Medição de vazão.

Utilizou-se o método medição direta. Foi usado um recipiente aferido com capacidade de 20 litros e um cronômetro para registrar o tempo necessário para completar o volume desejado no recipiente. As medições foram feitas na captação direta do rio (saída da bomba) e na calha de retorno para o corpo hídrico, com 10 repetições em cada ponto.

2.5 Medição do consumo de energia.

A medição do consumo de energia elétrica foi feito em 10/03/2017 nas bombas de sucção, bomba (A) maior, que coleta água diretamente do rio e bomba (B) menor, que reabastece a caixa de reuso. Instalou-se medidores de energia elétrica em cada uma dessas duas bombas para determinar o consumo de energia elétrica e também, o custo da energia em função do uso operacional destas bombas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características físicas, químicas e biológicas

Os valores obtidos a partir da determinação dos parâmetros físico-químicos e biológicas em amostras de água coletadas são apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Valores dos parâmetros físico-químicos das amostras de água residuária de beneficiamento de rochas.

Data coleta	Ponto	pH	Turbidez	STD	OD	DBO	Condutividade	Temperatura
Unidades		-	UNT	ppm	mg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹	μSiemens/cm	°C
Limites		5 a 9	100	500	>5	5	-	< 40
CONAMA 357								
10/10/16	1	6,9	5,7	33	<u>3,37</u>	2	65	25,15
		7						
	2	8,3	<u>1350</u>	67	<u>2,40</u>	<u>10</u>	133	25,10
		8						
	3	6,9	<u>879</u>	50	<u>4,22</u>	2	99	25,34
		2						
	4	6,8	<u>777</u>	63	<u>3,65</u>	<u>6</u>	<u>107</u>	25,30
		5						
	5	7,1	<u>432</u>	53	<u>3,71</u>	<u>6</u>	<u>127</u>	25,25
		1						
	6	7,2	<u>400</u>	52	<u>3,50</u>	4	<u>115</u>	26,00
		0						
	7	7,1	<u>420</u>	50	<u>3,80</u>	4	<u>102</u>	25,00
		1						
11/11/16	1	7,1	7,3	35	<u>4,66</u>	<u>8</u>	70	28,00
		1						
	2	8,9	<u>937</u>	67	5,20	2	<u>134</u>	26,00
		4						
	3	7,0	36	54	5,08	<u>12</u>	<u>108</u>	25,00
		1						
	4	7,9	<u>426</u>	79	5,30	<u>7</u>	<u>159</u>	27,00
		2						

11/05/17	1	3,1	21	5,04	4	43	23,50
		7,5					
	2	<u>1155</u>	38	5,42	<u>6</u>	75	24,50
		8,3					
	3	<u>134</u>	45	5,51	4	89	24,50
		6,1					
	4	58	50	<u>4,46</u>	4	<u>102</u>	25,00
		<u>4,6</u>					
		<u>9</u>					
	5	21	54	5,31	4	<u>108</u>	25,00
		<u>4,6</u>					
		<u>9</u>					
	6	<u>138</u>	42	5,65	2	84	24,50
		6,3					
		6					
	7	NF	NF	NF	NF	NF	25,00
		NF					

Os valores em destaque apresentam os resultados em desconformidade com a resolução CONAMA 357/05 demonstrando a necessidade de tratamento para retornar ao corpo hídrico. Não houve coletas no ponto sete nos dias 13/04/17 e 11/05/17 em função da queda nas vendas, reduzindo a produção o que levou a situação de uso apenas de efluente residuário tratado, recirculação interna, sem lançamento no corpo hídrico.

Das trinta e três amostras de água coletadas apenas quatro (12,12%) apresentaram valores de pH fora do estabelecido pelo CONAMA 357/05, pH abaixo de 6 fato observado que leva a redução do pH com o acréscimo descontrolado de produtos químicos. Observou-se que apenas no ponto 2 os valores de pH estiveram muito próximos de limite superior que é de pH = 9 (15,15%), valor elevado devido aos constituintes da rocha na lama residuária. Este tanque P2 ainda não recebeu tratamento químico, se encontra antes do tanque P3 que é o primeiro tanque a receber o tratamento com sulfato de alumínio $[Al_2(SO_4)_3]$, conforme figura 3.

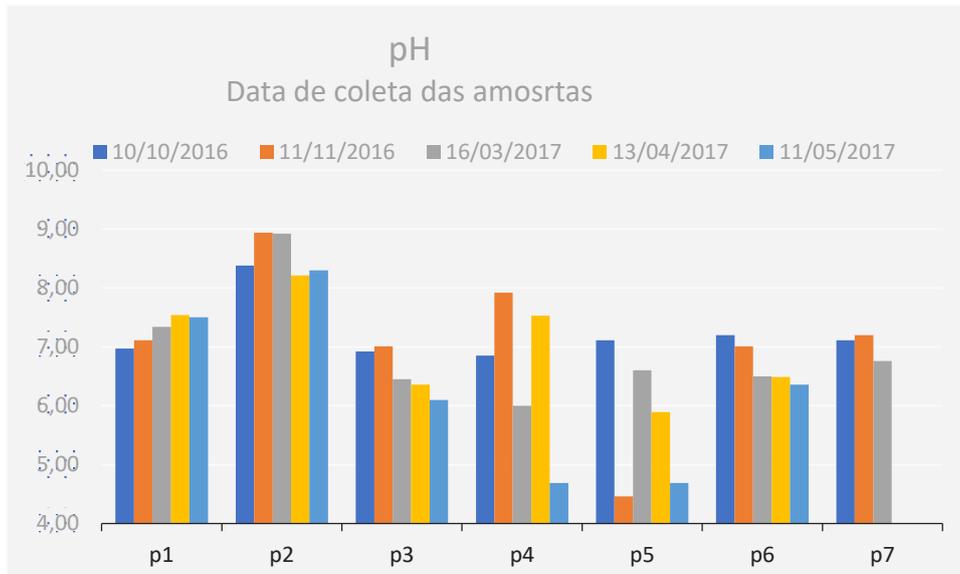


Figura 3: valores de pH encontrados nos sete pontos nas cinco datas de coleta.

Fonte: Do próprio autor



Figura 4: Ponto 2 Saída de água da serra maior e entrada no primeiro tanque de decantação

Fonte: Arquivo do autor 2016

O parâmetro turbidez apresentou os maiores valores no ponto dois, pois é o 1º tanque a receber a lama residuária bruta. É neste ponto onde ocorre a primeira etapa da separação sólido/líquido, por gravidade, com todos os valores acima de 900 UNT. Para os demais tanques esse valor foi decaindo devido ao tratamento com o sulfato de alumínio $[Al_2(SO_4)_3]$. Apenas na primeira coleta feita em 10/10/2016, o valor da turbidez no ponto de lançamento para o corpo hídrico (ponto 7) não ficou dentro do parâmetro estabelecido pelo CONAMA 357/05 que é de 100 UNT e os menores valores foram detectados na coleta direta do rio, todos abaixo de 15 UNT, conforme representação gráfica apresentada na figura 5.

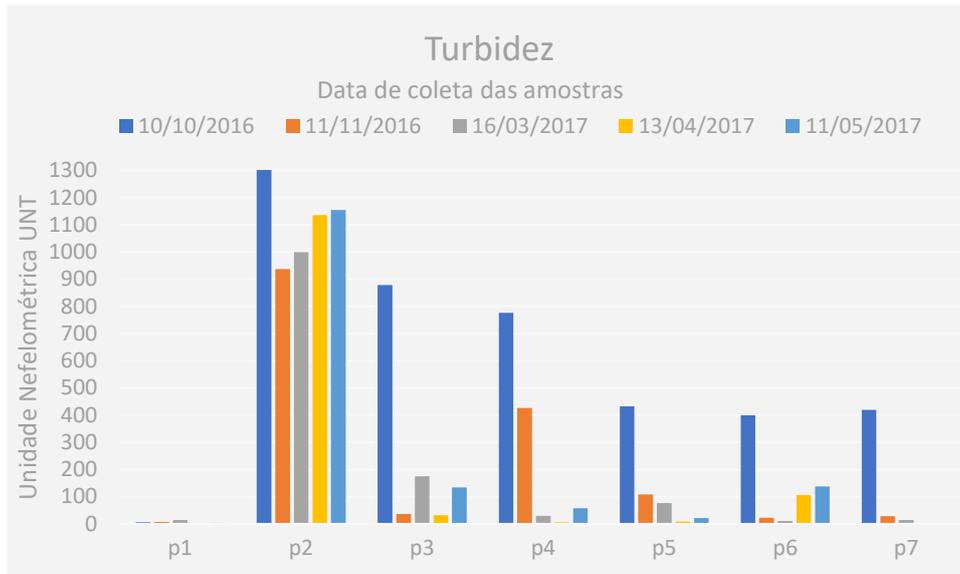


Figura 5: Valores de Turbidez encontrados nos sete pontos nas cinco datas de coleta.

Fonte: Arquivo do autor 2016

Para os sólidos totais dissolvidos verificou-se que após o tratamento com o floculante, o maior valor encontrado foi de 290 ppm no ponto 4 (dia 16/03), fato explicado devido a coleta ter sido feita em um período que antecedia a adição de coagulante nos tanques. Analisando o gráfico, percebe-se que o coagulante $[Al_2(SO_4)_3]$ está sendo utilizado indiscriminadamente sem o menor controle, as doses de coagulante são administrada de acordo com a cor da água, como informado pelo funcionário. conforme figura 6:

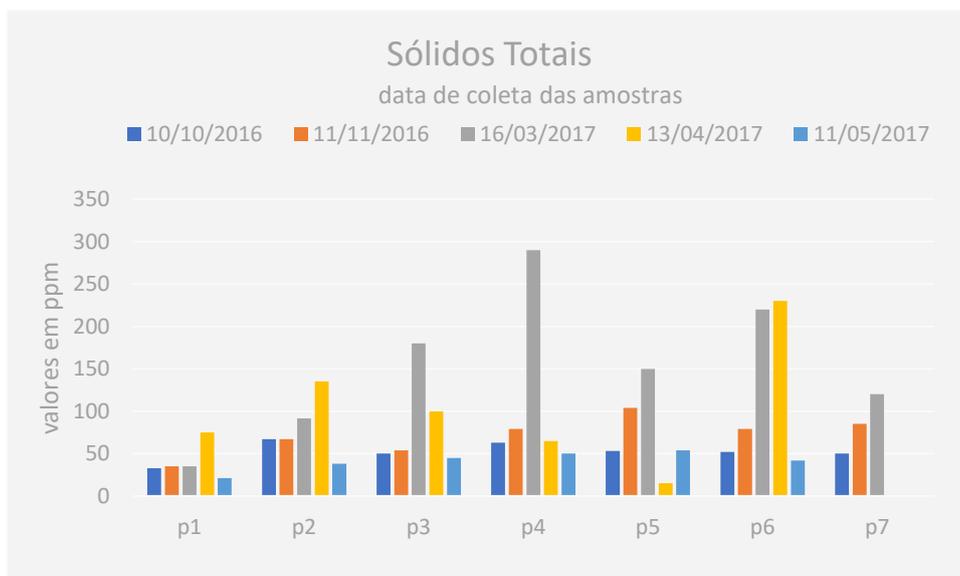


Figura 6: Valores encontrados para Sólidos Totais nos sete pontos nas cinco datas de coleta.

Fonte: Arquivo do autor 2016

As concentrações de OD variaram de 2,4 a 8,16 mg O₂ L⁻¹, das quais nove amostras (32%), estiveram abaixo do limite estabelecido pelo CONAMA 357/05 que deve ser maior que 5,0 mg O₂ L⁻¹. Das nove amostras sete estão na primeira coleta (10/10/2016), o que nos alerta quanto ao acondicionamento das amostras para análise conforme figura 7.

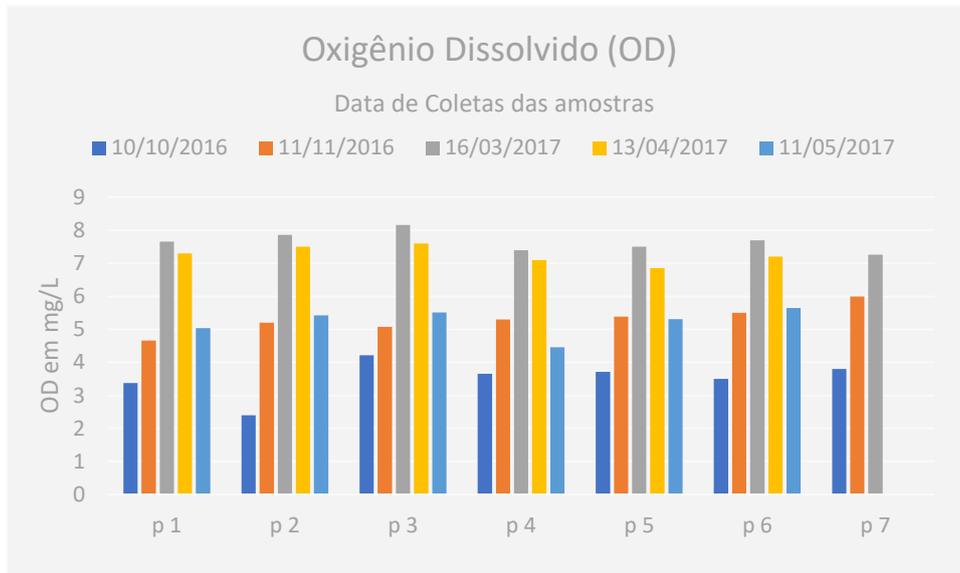


Figura 7: Valores de Oxigênio Dissolvido (OD) encontrados nos sete pontos nas cinco datas de coleta.

Fonte: Arquivo do autor 2016

Os valores de DBO mantiveram-se dentro do limite (< 5,0 mg O₂ L⁻¹) para vinte e uma amostras analisadas, treze amostras ficaram acima do limite permitido pelo CONAMA 357/05 com valor máximo observado de 14 mg O₂ L⁻¹. Os valores de DBO mais elevados (pontos cinco e seis, coletada em 11/05/2017), levantou-se na hipótese que tais valores, são atribuídos ao grande número de animais (patos e gansos) presentes na área de produção e nos tanques de decantação, onde os mesmos habitam e são alimentados, aumentando a quantidade de material a ser decomposto conforme figura 8.

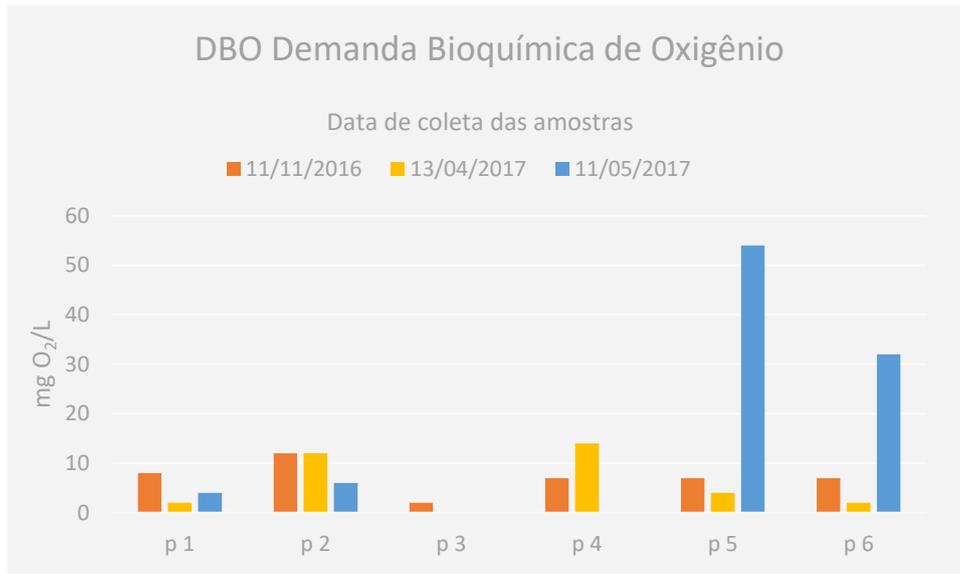


Figura 8: Valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) encontrados nos seis pontos nas cinco datas de coleta.

Fonte: Arquivo do autor 2016

A condutividade elétrica por sua vez, variou de 43 a 207 $\mu\text{S cm}^{-1}$, a maioria dos valores obtidos foi superior a 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Os valores acima de 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$ devem ser interpretados como consequência de concentrações elevadas de íons dissolvidos, de acordo com CETESB (2016), indicando que o ambiente está impactado (figura 9).

A Resolução CONAMA 357/05 não determina valor específico para esta variável conforme figura 9.

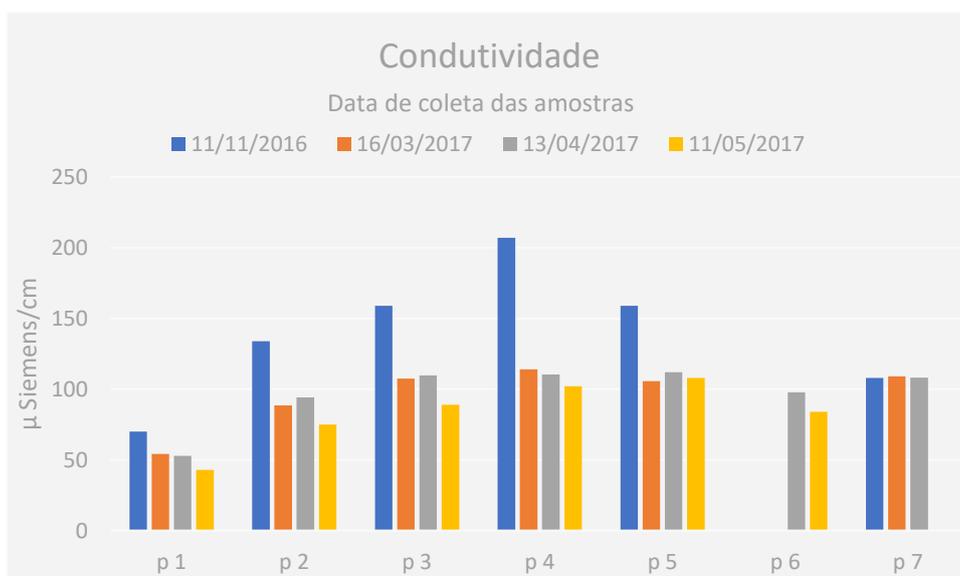


Figura 9: Valores de Condutividade encontrados nos sete pontos nas cinco datas de coleta.

Fonte: Arquivo do autor 2016

As análises biológicas (coliformes termotolerantes (NMP) e coliformes totais (NMP)) foram feitas no LABFOZ - Laboratório de Monitoramento das Águas da Foz do Rio Paraíba do Sul e conforme tabela 3, verificou-se que os valores apresentados apontam que a contaminação por coliformes não sofreu alterações devido ao processo de beneficiamento, esse valor elevado pode e deve ser justificado devido a empresa se localizar a jusante do município de Santo Antônio de Pádua o qual despeja diariamente parte do esgoto sem tratamento adequado.

Tabela 3. Análise feita em 12/08/2015 e 11/11/2016

AMOSTRAS	Coliforme Total (NMP/100mL)	Coliforme Termotolerante (NMP/100mL)
A1	> 2419,6	2419,6
A2	> 2419,6	> 2419,6
A3	> 2419,6	> 2419,6
A4	> 2419,6	> 2419,6
A5	1986,3	547,5
A6	> 2419,6	> 2419,6

Fonte LABOFOZ (Laboratório de Monitoramento das Águas da Foz do Rio Paraíba do Sul).

Os constituintes químicos do resíduo sólido são apresentando abaixo na tabela 4 abaixo:

Tabela 4: Resultado da análise de resíduo sólido.

Material : Resíduo sólido													
pH	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	C	U	Fe	Cu	Zn	Mn	B
H ₂ O	g/Kg							%	mg/Kg				
9,2	0,45	1,70	10,03	11,44	6,7	1,02	0,04	22,67	27094	80	122	354	10,83

Fonte: da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) Cento de Análises (2017).

Segundo Neves et al (2013) o parâmetro pH tem sido apontado como uma das principais características negativas dos efluentes gerados no processo de beneficiamento de rochas ornamentais, pode causar danos ao meio ambiente. Segundo a norma de classificação de resíduos sólidos NBR-10004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004), resíduos que apresentarem pH menor do que 2,0 ou maior do que 12,5 devem ser classificados

como perigosos, devido à sua corrosividade e como apresentado na análise,, não se trata de resíduo perigoso, pois segundo o mesmo autor o pH tende a baixar com a redução da humidade com o passar do tempo.

Para Raymundo et al. (2013), as centenas de toneladas de resíduos que atualmente são depositadas em fundos de vales, próximo a mananciais, possuem elementos essenciais para uso agrícola, na correção de solo aplicação em solos carentes de fertilidade. Ainda no mesmo trabalho o autor alerta quanto ao emprego de altas doses de ferro o que poderia causar uma intoxicação na cultura.

Segundo Bertossi et al.(2011), a grande quantidade de resíduos gerada na serragem de rochas ornamentais e as características destes materiais indicam possibilidades de uso no enriquecimento mineral e na correção de acidez de solos. No entanto, seus efeitos no meio ambiente são ainda desconhecidos, sendo necessário realizar estudos que garantam sua utilização de forma segura, sem oferecer riscos à qualidade da água e do solo.

3.2 Medição de vazão. Mediu-se as vazões das serras como se segue na tabela 5:

Tabela 5: Resultados obtidos com a medição de vazão.

Equipamento	Volume L	repetições	Tempo (s)	Consumo L.s ⁻¹
Serra menor 1 (água de reuso)	11	10	12	0,91
Serra menor 2 (água de reuso)	11	10	13	0,85
Serra menor 3 (água de reuso)	11	10	12	0,91
Serra maior 1 (água do rio)	11	10	5	2,2
Serra dupla (água do rio)	11	10	5	2,2
Mangueira de alívio (água do rio)	11	10	7	1,1
Calha de saída para o rio	16	10	4	4

Para verificar se havia perda de água no circuito produtivo, foram feitas medições em 02 máquinas de corte com disco grande, na mangueira de alívio, equipamentos que recebem a água diretamente do rio e na calha de retorno para o rio, não sendo considerado o gasto pelas máquinas pequenas em função das mesmas trabalharem com água de reuso conforme figura 10.

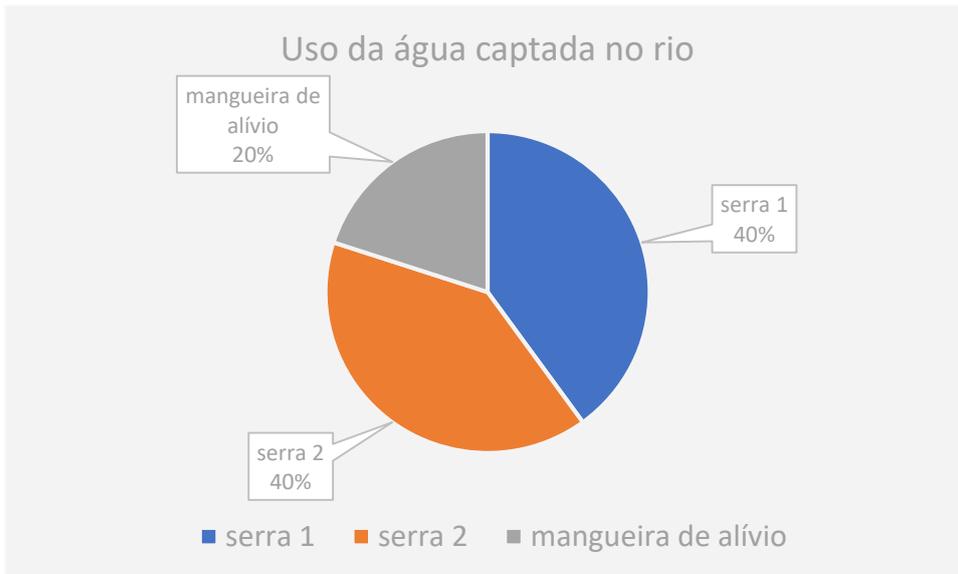


Figura 10: Uso da água captada no rio pela empresa

Máquina grande 2 + 126,720 L/ dia de trabalho (água do rio).

Mangueira de alívio + 45.257 L/ dia de trabalho (água do rio).

Total 171.977 L/ dia de trabalhado

Vazão da calha (rio) - 115.200 L/ dia de trabalho (saída rio).

Desperdício = 56.777 L/ dia de trabalho, o que corresponde a aproximadamente 33% de toda a água retirada do rio conforme figura 11.

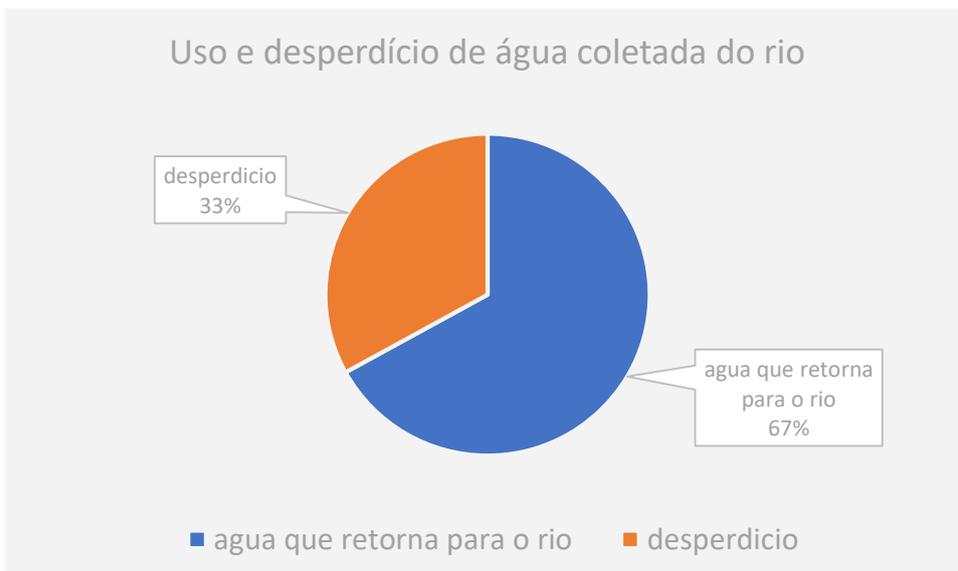


Figura 11: Uso e desperdício de água coletada do rio pela empreendimento.

3.3 Medição do consumo de energia elétrica

TABELA 6: Memória de Cálculo do Custo com Energia Elétrica da Bomba A.

Fase	Potência Reativa (VAr)	Fator de Potência	Potência Aparente (VA)	Potência Ativa (W)			
A	688	0,873	1.410,6	1.231,5			
B	537	0,919	1.362,1	1.251,7			
C	671	0,901	1.546,7	1.393,6			

Fase	Horas de operação por dia	Energia por dia (kWh)	Dias de operação por mês	Energia por mês (kWh)	Tarifa da energia elétrica (R\$/kWh)	Custo da energia (R\$)
A	9	11,1	22	243,8	0,5	121,92
B	9	11,3	22	247,8	0,5	123,92
C	9	12,5	22	275,9	0,5	137,97
TOTAL MENSAL						383,81

Portanto, considerando-se 12 meses de operação da indústria, o consumo da bomba A representa para a empresa um custo anual de aproximadamente R\$ 4,6 mil (quatro mil e seiscentos reais).

Tabela 7: Medições das correntes elétrica (RMS) das três fases da Bomba B

FASE	CORRENTE (A)
A	3,82
B	4,44
C	3,38

A Tabela 8 apresenta a memória de cálculo para estimar-se o custo anual e mensal com o consumo de energia elétrica.

Tabela 8: Memória de cálculo do custo mensal e anual com energia elétrica da bomba B.

Corrente Média (A)	Tensão RMS (V)	Potência Aparente Trifásica (VA)	Fator de Potência (estimado)	Potência Ativa Trifásica (W)	Razão cíclica da bomba
3,88	127	1.478,28	0,9	1330,452	0,342
Horas de operação por dia	Energia por dia (kWh)	Dias de operação por mês	Energia por mês (kWh)	Tarifa da energia elétrica (R\$/kWh)	Custo da energia (R\$)
9	4,1	22	90,0	0,5	45,0
TOTAL ANUAL					540,0

Estima-se que o custo mensal da operação da bomba B seja de R\$ 45 (quarenta e cinco reais). Anualizado, este custo perfaz um total de R\$ 540 (quinhentos e quarenta reais) anuais.

4. Conclusão:

Após a coleta e análise dos dados, concluiu-se que depois de efetuado o tratamento do efluente, todos os parâmetros analisados estão dentro dos padrões da resolução 357/05 e 430 do CONAMA para lançamento de efluente em corpos hídricos. Conclui-se também que há um grande desperdício da água coletada diretamente do rio (33%), desperdício que poderia ser minimizado fazendo uso de uma bomba de sucção com menor capacidade de captação, conseqüentemente menor gasto de energia elétrica, A operação atual da bomba A acarreta um custo de energia elétrica mensal para a empresa de cerca de R\$ 380 (trezentos e oitenta reais), o que equivale a um custo anual de aproximadamente R\$ 4,6 mil (quatro mil e seiscentos reais). Já a bomba B, acarreta para a empresa um custo mensal R\$ 45 (quarenta e cinco reais) e anual de R\$ 540 (quinhentos e quarenta reais), o que dispensaria a mangueira de alívio, responsável por carrear mais sólidos para o corpo hídrico. A captação direta do rio poderia ser reduzida se houvesse um sistema de captação e armazenamento de água de chuva.

O tratamento da água residuária com produtos químicos deveria ser automatizada, pois há desperdício de floculantes, uma vez que tais produtos são aplicados sem uma prévia análise afim de se determinar valores para se quantificar a dosagem necessária efetivando um eficiente tratamento em cada um dos tanques de decantação, pois o excesso do mesmo causa prejuízos financeiros ao proprietário e ao meio ambiente.

5. Referências bibliográficas

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - Ecotoxicologia - Coleta, preservação e preparo de amostras. **ABNT**, 2015. Disponível em: <www.abnt.org.br/4544-ecotoxicologia-coleta-preservacao-e-preparo-de-amostras>. Acesso em: 01 julho 2016.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)NBR 10004 **ABNT catálogo**, 2004. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=936>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

ASSOCIAÇÃO, Brasileira da Indústria de pedras Ornamentais (ABIROCHAS). **abirochas**, 2017. Disponível em: <<https://www.abirochas.com.br/>>. Acesso em: 05 maio 2017.

BERTOSSI ET AL., A. P. A. Influência de resíduo de serragem de mármore na condutividade hidráulica do solo e na qualidade da água. **Revista de Ciências Agrárias**, janeiro 2011. v. 34, nº 01, p. 123-134.

Companhia ambiental do Estado de São Paulo, (CETESB). aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/sites/32/2013/11/, 2013. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/Ap%C3%AAndice-D-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas-1.pdf>>. Acesso em 15 maio 2017.

Ministério de Minas e Energia, dnpm.gov.br/. **dnpm/sumarios/sumario-mineral-2014**, 10 junho 2016. Disponível em: <www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2014>. Acesso em 16 junho 2017.

Ministério do Meio Ambiente – CONAMA – Resolução 357. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/portconama/legiabre.cfm?codleg=459>> Acesso 10 dezembro 2015

.....CONAMA – Resolução 430 de 2011. Disponível em <[http://www.mma.gov](http://www.mma.gov.br) Ministério do Meio Ambiente – CONAMA – Resolução 357. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/portconama/legiabre.cfm?codleg=459>> Acesso 10 dezembro 2015

..... Política Nacional de Resíduos Sólidos <<http://www.mma.gov.br/politica-de-residuossolidos>> Acesso 10 abril 2016

LOPES, M. principais-rochas-ornamentais-exploradas-no-brasil. **tecnicoemmineração**, 2017. Disponível em: <<http://tecnicoemineracao.com.br/principais-rochas-ornamentais-exploradas-no-brasil/>>. Acesso em: 23 jun. 2017.

NETO, R. S.; SILVESTRE, B. S. Inovação tecnológica como agente de redução de impactos ambientais da indústria de rochas ornametais no Estado do Rio de Janeiro. **Ambiente Construído (online)**., 2013. 235-252.

NEVES MIRNA APARECIDA, E. A. pH e umidade dos resíduos finos de beneficiamento de rochas ornamentais. **Revista Esc. Minas**, junho 2013. v. 66, nº 2, p. 239-244.

RAYMUNDO, V. Influência de resíduo de serragem de mármore na condutividade hidráulica do solo e na qualidade da água. **Revista Brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Janeiro 2013. v. 17 nº 01, p. 47-53.

Relatório Técnico 33. Perfil_de_Rochas_Ornamentais_e_de_Revestimento.

www.mme.gov.br/documents, 2009. Disponível em:

<http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P23_RT33_Perfil_de_Rochas_Ornamentais_e_de_Revestimento.pdf/d6f58aa1-b01a-4da1-a178-e6052b2fc8e5>. Acesso em: 26 junho 2017.

ROCHAS-ORNAMENTAIS-DE-REVESTIMENTO-SUMARIO-MINERAL-2014. **http:**

[//www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios](http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios), 2014. Disponível em:

<<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/rochas-ornamentais-de-revestimento-sumario-mineral-2014>>. Acesso em: 26 junho 2017.

SILVA, R. R. uso e ocupação do solo e impactos ambientais nos recursos hídricos., 2014.

135. Disponível em:

https://ciamb.prpg.ufg.br/up/104/o/Tese_Final_Roselir_Ribeiro_Silva_30-10-2014.pdf.

Acesso em 25 de junho 2017.

SILVESTRE, B. S.; NETO, R. S. Are Cleaner Production Innovations the Solution for Small Mining Operations in Poor Regions? The Case of Padua in Brazil. **Jornal of Cleaner Production**, 2014. v. 84 p. 809 a 817.