



Avaliação da eficiência de filtro lento de regime intermitente com camada suporte de rejeito de mineração

Caroline Schutz Wendling ¹, Tainara Luana Schmidt Steffler ² Magali Thaís Poersch ³ Fernando Pasini ⁴ Bruno Segalla Pizzolatti ⁵

¹Universidade Estadual de Santa Catarina - UDESC (caarol.sw@hotmail.com)

²Engenheira Ambiental e Sanitarista - UFSM (tai_nara_steffler@hotmail.com)

³Universidade Federal de Santa Maria - UFSM (magalipoersch@gmail.com)

⁴Universidade Federal de Santa Maria - UFSM (fernando_pasini@hotmail.com)

⁵Universidade Federal de Santa Maria - UFSM (brunosegalla@me.com)

Resumo

O Biosand Filter (BSF) é um sistema alternativo de tratamento de água que pode ser utilizado em regiões sem acesso ao abastecimento público. O rejeito de mineração de ametista é um material cuja disposição no meio ambiente é causadora de graves impactos ambientais. Com isso, este estudo aborda a possível utilização do rejeito de mineração de ametista como camada suporte para BSF. Foram confeccionados quatro filtros, divididos de acordo com sua camada suporte: dois com camada suporte de brita (grupo B) e dois com camada suporte de rejeito de mineração (grupo R). Dentre os parâmetros monitorados, a condutividade do grupo R obteve aumento significativo devido às características do rejeito. Os parâmetros turbidez para o grupo R, e pH, para ambos os grupos, enquadraram-se no estabelecido pela Portaria 2.914/2011.

Palavras-chave: Mineração de Ametista. Tratamento de Água. Biosand Filter.

Área Temática: Tecnologias Ambientais

Evaluation of the efficiency of slow filter of intermittent regime with underdrain level of mining waste

Abstract

Biosand Filter (BSF) is an alternative water treatment system that can be used in regions without access to public water supply. Amethyst mining waste is a material whose disposal in the environment causes serious environmental impacts. Thus, this study deals with a possible use of the amethyst mining waste as a underdrain level for BSF. Four filters were built, divided according to the underdrain level: two with underdrain level of rocks (group B) and two with underdrain level of mining waste (group R). The conductivity of the R group was increased due to the characteristics of the mining waste. The turbidity parameters for group R, and pH, for both groups, were not established by Health Ministry Ordinance no. 2914/11.

Key words: Amethyst Mining. Water Treatment. Biosand Filter.

Theme Area: Environmental Tecnologys



1 Introdução

Historicamente, a população rural sofre com a falta de acesso à rede pública de abastecimento de água. Dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (IBGE, 2014), mostram que cerca de 34,5% dos domicílios localizados em áreas rurais possuíam ligação com a rede pública de abastecimento de água no ano de 2013, nos demais domicílios (65,5%), a água era captada de forma alternativa. Entre as soluções alternativas de abastecimento e tratamento de água, está o Biosand Filter (BSF). O BSF é uma variação de filtros lentos tradicionais, o qual possui dimensões menores e fluxo intermitente (CAWST, 2009). Foi desenvolvido para simplificar o tratamento de água em locais desprovidos de abastecimento convencional, devido seu baixo custo de instalação, facilidade de operação e manutenção, e capacidade de melhorar a qualidade da água através da camada biológica formada no topo do meio filtrante, responsável por remover os microrganismos patogênicos (MANZ, 2007).

Usualmente, a camada suporte, tanto dos filtros lentos tradicionais como do BSF, é formada por pedregulhos, cascalhos, britas e seixos rolados. Porém, uma possível alternativa a estes materiais são os resíduos produzidos da atividade mineradora, denominados rejeitos ou estéreis, que quando mal gerenciados podem causar significativo impacto ambiental, seja pela poluição visual, assoreamento dos recursos hídricos ou redução da vegetação local (SILVA, 2007). O Rio Grande do Sul destaca-se na extração de minérios, dentre os quais se ressalta o garimpo da pedra ametista, gerando um montante de cerca de 400 toneladas por mês (MULINARI, 2011). Os rejeitos de mineração não podem ser utilizados na confecção de britas ou pedras de calçamento devido sua baixa resistência mecânica. Estudos da composição química do rejeito não detectaram a presença de metais tóxicos, aumentando a possibilidade de utilização deste material como camada suporte para BSF (WASTOWSKI et al., 2012).

Assim, este estudo teve como objetivo verificar a eficiência de filtro lento de regime intermitente utilizando rejeito de mineração de ametista como camada suporte, avaliando sua influência no tratamento de água para abastecimento, visando sua utilização em áreas onde não há abastecimento de água pela rede pública.

2 Material e métodos

Foram confeccionados quatro filtros lentos de regime intermitente com diâmetro nominal igual a 100 mm, tubulação de saída e conexões com diâmetro nominal igual a 20 mm, operando em paralelo, com camada filtrante de areia com altura de 350 mm. O material filtrante possui coeficiente de uniformidade igual a 2,15, estando abaixo do limite (igual a 3) estabelecido por Manz (2007) e d_{10} igual a 0,20 mm, estando dentro dos limites indicados por Huismam e Wood (1974) para utilização em filtros lentos, entre 0,15 e 0,35 mm.

A altura da camada suporte foi de 100 mm, utilizando-se dois tamanhos de material (50 mm de altura para cada): pedregulhos que passaram na peneira de 6,30 mm e ficaram retidos na peneira de 4,75 mm e pedregulhos que passaram pela peneira de 4,75 mm e ficaram retidos na peneira de 2,36 mm. O material da camada suporte se diferenciou entre os filtros, de modo que para dois destes esta foi confeccionada com brita comercial (grupo B), e para os outros dois foi confeccionada com rejeito de mineração (grupo R).

A água utilizada neste estudo foi retirada de um lago artificial, que tem seu volume mantido majoritariamente por água de precipitação, fluxo de base e por nascente. Para garantir que a água não encontrasse um caminho preferencial e evitar a formação de “buracos” no meio filtrante, interferindo na formação da camada biológica, foi instalado um prato difusor no corpo de cada filtro, localizado logo acima da lâmina d’água.



O período de monitoramento foi de quatro meses e os parâmetros físico-químicos avaliados foram alguns dos exigidos pela Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011: turbidez, condutividade, pH, cor (aparente e verdadeira) e oxigênio dissolvido conforme *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA; AWWA; WEF, 2005); e parâmetros operacionais, volume de alimentação e volume de filtração em 24 horas. Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística por teste t-pareado pelo software Minitab 17.

A taxa de filtração utilizada foi de $0,164 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ tendo como base o estudo de Ahammed e Davra (2011). O volume de alimentação empregado foi de 1,2 L/d por filtro.

No que tange a limpeza do filtro, foi definido que esta seria realizada, caso necessário, quando o volume filtrado após 24 horas não chegasse a 80% do volume adicionado ao filtro no começo do processo, ou quando houvesse transpasse de turbidez, contudo no monitoramento de 4 meses, a limpeza não foi necessária.

3 Resultados e Discussão

O monitoramento da água bruta ocorreu desde o início do experimento, e o monitoramento da água filtrada começou a ser realizado após a estabilização dos filtros, observada através da estabilização da turbidez da água filtrada. Os resultados apresentados na tabela 1, são referentes a água filtrada, sendo desconsiderados os dados obtidos durante os períodos de estabilização. Com isso, as figuras 1, 2 e 3 foram divididas em 4 seções através de linhas paralelas ao eixo das ordenadas, onde as 1ª e 3ª seções caracterizam os períodos de estabilização dos filtros. O oxigênio dissolvido foi mensurado somente a partir do mês de janeiro, por este motivo a figura 4 foi dividida em duas seções, sendo que a 1ª caracteriza o período de estabilização dos filtros. Salienta-se também que todos os filtros operaram durante 118 dias e que não foi necessária a realização de limpeza. Este fato está diretamente relacionado às características favoráveis da água bruta.

O tempo de estabilização do BSF é variável, entretanto salienta-se que a estabilização dos filtros ocorreu após os 20 primeiros dias de monitoramento. Os picos de turbidez ocorrentes na água filtrada de ambos os grupos podem ser provenientes de inúmeros fatores como, por exemplo, a colisão de algum instrumento ou toque, sob o corpo dos filtros ou da tubulação de saída, culminando no desprendimento de material em suspensão, uma vez que os mesmos parecem ser casos isolados. Já os picos observados no mês de janeiro ocorreram devido à pausa na alimentação dos filtros por cerca de 10 dias, evento que demonstrou a necessidade de um novo período de estabilização após pausa na alimentação dos mesmos. Entretanto, como ilustrado na figura 1, pela 3ª seção, foi observado que o segundo período de estabilização foi significativamente menor que o primeiro. A necessidade de novo período de estabilização pode estar relacionado com a necessidade de renovação da água presente no meio filtrante durante a pausa no monitoramento, conforme indicado pela Cawst (2012), a qual afirma que o período de pausa na alimentação deve ser entre 1 a 48 horas, pois períodos mais longos que estes influenciam negativamente na qualidade da água filtrada, necessitando de novo período de aclimação.

Manz (2007) salienta que, para tratamento por filtração lenta, a turbidez da água bruta deve estar abaixo de 20 uT, em contrapartida, a Portaria 2.914/2011 exige turbidez menor ou igual a 1 uT em 95% das amostras para água tratada por filtração lenta, precedendo a desinfecção. Apesar de eventos climatológicos, que aumentaram a turbidez da água bruta, os filtros mantiveram sua eficiência, conforme visualizado na tabela 1. Embora não tenha sido observada diferença estatística entre os filtros, apenas o grupo R atingiu os valores exigidos pela Portaria 2.914/2011, com turbidez média igual a $0,76 (\pm 0,34) \text{ uT}$ com 4,8%, do total de amostras apresentando turbidez maior que 1 uT. Por sua vez, embora o grupo B tenha obtido



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

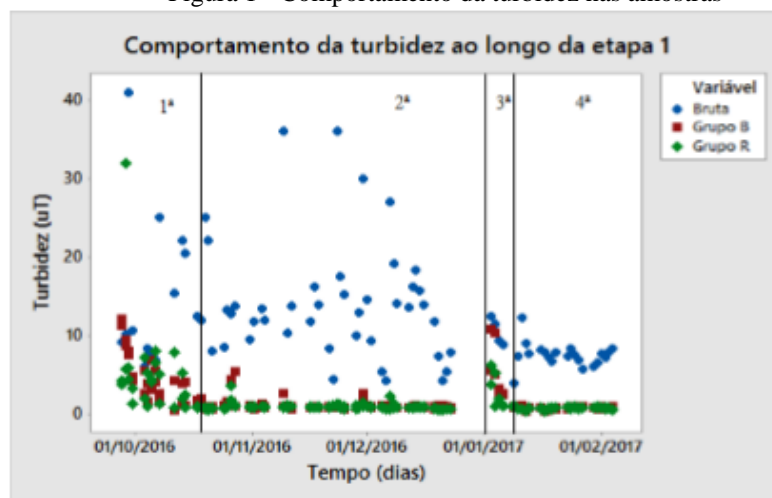
média abaixo do VMP estabelecido, igual a $0,80 (\pm 0,27)$ uT, 11% das amostras apresentaram valores maiores que uma unidade de turbidez, não estando de acordo com o exigido pela legislação vigente.

Tabela 1 - Caracterização da água bruta e filtrada e comparação com o padrão de potabilidade recomendado pela Portaria 2914/2011

Parâmetro	Água Bruta	Grupo B	Grupo R	Padrão de Potabilidade
Turbidez (uT)	$12,01^{1\pm 6,96^2}$ (36,00 – 4,10) ³ n = 62	$0,80 \pm 0,27$ (5,35 – 0,26) n = 124	$0,76 \pm 0,34$ (3,50 – 0,44) n = 124	1 uT
Condutividade (µS/cm)	$51,39 \pm 12,19$ (106,55 – 25,60) n = 62	$75,59 \pm 19,10$ (126,50 – 46,50) n = 124	$95,65 \pm 20,54$ (149,50 – 59,20) n = 124	-
pH	$7,37 \pm 0,25$ (8,2 – 7,0) n = 62	$7,55 \pm 0,40$ (8,40 – 4,20) n = 124	$7,56 \pm 0,26$ (8,30 – 6,70) n = 124	6 a 9
Cor aparente⁴ (uH)	$89,03 \pm 55,07$ (186,94 – 10) n = 56	$20,53 \pm 16,29$ (140,92 – 10,00) n = 112	$13,78 \pm 4,85$ (53,58 – 10,00) n = 112	15 uH
Cor verdadeira⁵	$16,21 \pm 14,11$ (93,21 – 10,00) n = 41	$10,08 \pm 0,40$ (13,20 – 10,00) n = 82	$10,07 \pm 0,38$ (12,82 – 10,00) n = 82	-
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	$6,72 \pm 0,70$ (7,50 – 5,30) n = 21	$5,53 \pm 0,46$ (6,60 – 4,70) n = 42	$5,59 \pm 0,55$ (6,90 – 4,80) n = 42	-

Nota: n = número de amostras. (1) Média (2) Desvio padrão (3) Intervalo de dados (4) 6 leituras de cor aparente foram desconsideradas devido a valores negativos (5) 21 leituras de cor verdadeira foram desconsideradas devido a valores negativos

Figura 1 - Comportamento da turbidez nas amostras



A condutividade elétrica tem relação direta com a concentração de sólidos dissolvidos e ionizados na água, sendo que águas com valores de condutividade acima de 100 µS/cm



podem caracterizar águas impactadas, devido à alta presença destes compostos (JAQUES, 2005). Durante o monitoramento, a média de condutividade para água bruta ficou abaixo de $100 \mu\text{S}/\text{cm}$, fato que reforça a hipótese de que a água bruta não possui alta concentração de sais dissolvidos e ionizados. A média do grupo B ficou em $75,59 (\pm 19,10) \mu\text{S}/\text{cm}$ e para o grupo R obteve-se média de $95,65 (\pm 20,54) \mu\text{S}/\text{cm}$, observando diferença estatística entre ambos os grupos. A figura 2 ilustra o comportamento da condutividade ao longo do tempo de monitoramento.

Figura 2 - Comportamento da condutividade nas amostras



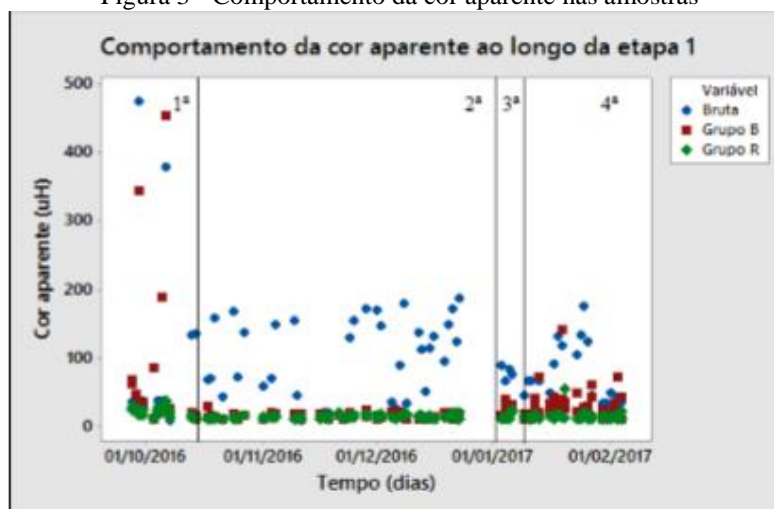
O aumento da condutividade no grupo R pode ser associado à composição do rejeito de ametista, podendo ser atribuída, principalmente, à alta presença de Ca^{2+} e Mg^{2+} (MORAES & FREIRE, 1974; WASTOWSKI et al., 2012; GLUSCZAK, 2016). Este significativo aumento entre a condutividade da água bruta e filtrada pelo grupo R sugere que o rejeito de ametista pode estar incorporando estes componentes presentes à água filtrada.

O monitoramento do pH da água bruta é de suma importância para a manutenção da camada biológica, uma vez que inúmeros microrganismos não são capazes de proliferar em ambientes aquáticos com níveis de pH abaixo de 4 ou acima de 9,5, o que poderia prejudicar o tratamento biológico realizado pelo BSF (WERKER & HALL 1999, apud BRITO-PELEGRINI et AL., 2008). A Portaria 2.914/2011 estabelece que, para água de abastecimento, o pH deve se manter entre o intervalo de 6 a 9, fato que pode ser observado conforme a tabela 1, não sendo constatada diferença estatística entre as médias de pH dos dois grupos.

Ambos os grupos avaliados obtiveram grande remoção de turbidez e cor aparente, conforme figura 3, fato que reforça a hipótese da cor, em sua maioria ser proveniente de partículas em suspensão. Para o grupo B a remoção foi igual a 76,94% e para o grupo R igual a 84,52%, sendo que tal diferença na porcentagem de remoção caracterizou em diferença estatística. Porém, mesmo que o grupo R tenha alcançado média inferior a 15 uH, VMP estabelecido pela Portaria 2.914/2011 para este parâmetro, a Portaria também exige que os picos acima deste valor totalizem até 5% das amostras, e o grupo R obteve 30,36% das amostras acima de 15 uH, não estando de acordo com a legislação vigente.



Figura 3 - Comportamento da cor aparente nas amostras



A cor verdadeira não é um parâmetro integrante da Portaria 2.914/2011 e está relacionada à presença de substâncias dissolvidas e coloidais, principalmente substâncias húmicas. Apesar de a filtração lenta não possuir bom desempenho quanto à remoção de cor verdadeira, a qualidade da água bruta, foi favorável, visto que, segundo Galvis et al., (1997 apud DI BERNARDO, 2003) o valor máximo indicado de cor verdadeira para utilização de filtração lenta é de 25 uH.

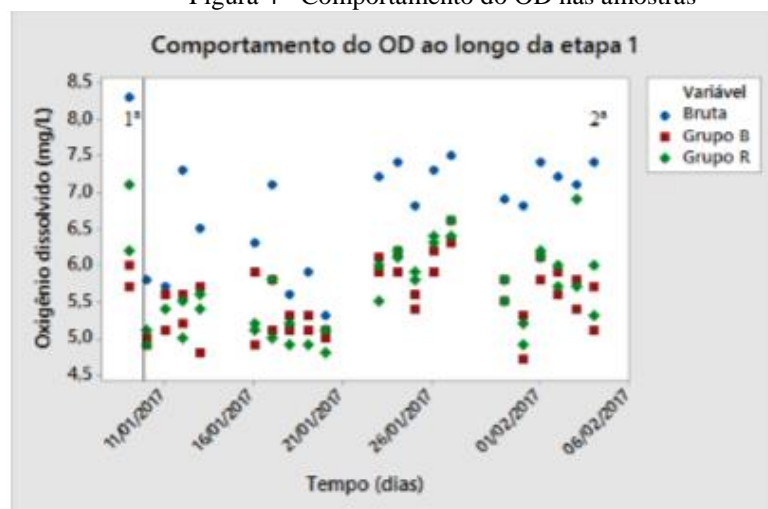
Ainda, visto que a média de cor aparente e verdadeira da água bruta são respectivamente 89,03 ($\pm 55,07$) uH e 16,21 ($\pm 14,11$) uH, e a cor aparente e verdadeira na água filtrada pelos filtros do grupo R são próximas, pode-se inferir que a cor remanescente na água filtrada é proveniente da presença de substâncias dissolvidas, já para o grupo B ainda se observa cor proveniente de sólidos em suspensão ou material em estado coloidal (SCORSAFAVA et al., 2010), ou seja, cor aparente.

O oxigênio dissolvido foi mensurado somente a partir do mês de janeiro, sendo que as medições de OD na água bruta ocorreram no local de coleta. Após a passagem da água bruta pelo corpo do filtro, o esperado é que ocorra o decréscimo dos níveis de oxigênio dissolvido, fato que pode ser observado na figura 5, a seguir, indicando a presença de microrganismos, formadores da camada biológica, responsáveis por competir com os agentes patogênicos, metabolizarem e assimilarem a matéria orgânica presente na água bruta (COLLIN, 2009).

A aplicação do teste t-pareado confirmou a diferença estatística entre as médias da água bruta e da água filtrada por ambos os grupos, confirmando o real consumo de oxigênio. Entretanto, não identificou diferença estatística entre ambos os grupos. Através da figura 4, é possível observar as muitas variações de OD de um dia para o outro, o que pode ser atribuído ao fato do pouco tempo de monitoramento e, também, de que o monitoramento dos filtros foi pausado entre os meses de dezembro e janeiro, notando-se uma diminuição do consumo de OD neste último mês.



Figura 4 - Comportamento do OD nas amostras



4 Considerações finais

A partir dos resultados obtidos foi possível concluir que o filtro lento de regime intermitente se caracteriza como uma tecnologia eficiente de tratamento de água para abastecimento quando respeitados os limites para sua utilização, com baixo custo de instalação, manutenção e operação. Ressalta-se a eficiência satisfatória na remoção do parâmetro turbidez, para ambos os grupos, porém, somente o grupo R enquadrou-se no exigido pela Portaria 2.914/2011. Não foram observadas variações significativas entre os grupos B e R para os parâmetros turbidez, pH, cor verdadeira e oxigênio dissolvido, concluindo que as camadas suporte não apresentaram diferença nos parâmetros citados. A condutividade foi o parâmetro com maior diferença entre os grupos, onde o grupo R obteve valores altos para este parâmetro quando comparado ao grupo B e, principalmente, a água bruta, concluindo que a camada suporte de rejeito possui influência maior sob a condutividade da água do que a camada suporte de brita. Assim como para o parâmetro de cor aparente, onde o grupo R obteve, estatisticamente, média de remoção mais elevada do que o grupo B.

Embora o rejeito de ametista tenha proporcionado acréscimo de condutividade a água tratada, este material mostrou-se eficiente para ser utilizado como camada suporte para filtro lento. Entretanto, é necessária a realização de estudos detalhados para averiguar suas características físico-químicas e mineralógicas, com o objetivo de se ter certeza que o rejeito de mineração não esteja conferindo a água componentes tóxicos.

Referências bibliográficas

AHAMMED, M. M.; DAVRA, K. Performance evaluation of biosand filter modified with iron oxide-coated sand for household treatment of drinking water. **Desalination**, V. 276, p. 287–293, 2011.

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION - APHA; AWWA; WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21. ed. Washington: [s.n.], 2005. p. 1600.

BRASIL. **Portaria número 2.914**, de 12 de dezembro de 2011. Brasil: [s.n.], 2011. Disponível em:



<http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html> . Acesso em: 10 de outubro de 2016.

BRITO-PELEGRINI, N. N, et al.; **Avaliação da redução de poluição do chorume tratado por processo fotoquímico**, Associação de Universidades de Montevideu, 2011

CAWST – Centre of Affordable Water and Sanitation Technology. **Biosand Filter for Technicians. Calgary, Alberta, Canada: 2012.**

CAWST – Centre of Affordable Water and Sanitation Technology. **Biosand filter manual design, construction, installation, operation and maintenance.** 2009.

COLLIN, C. **BioSand Filtration of High Turbidity Water**: modified filter design and safe filtrate storage. Jun, 2009. 154p. Dissertation (Master of Engineering in Civil and Environmental Engineering)-University of Sydney. 2009

DI BERNARDO, L. **Filtração Direta aplicada a pequenas Comunidades**. São Carlos - São Paulo. PROSAB EESC/USP, UFC, UNB, UNICAMP, UFSC, 2003.

GLUSCZAK, A. G. **Filtro lento intermitente como alternativa domiciliar ao tratamento de água utilizando-se rejeito de mineração como meio suporte**. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen - RS, 2016.

HUISMAN, L. WOOD, W.E. Slow Sand Filtration. **World Health Organization**, Genebra: 1974.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios, 2014. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv94414.pdf>> Acesso em: 29/05/2017.

JAQUES, R. C., **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Maria, 2005.

MANZ, D. H. BioSand Water Filter Technology: **Household Concrete Design**. Apr. 30, 2007

MORAES, J. F. V.; FREIRE, C. J. S. Variação do pH, da condutividade elétrica e da disponibilidade dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio em quatro solos submetidos a inundação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Sér. Agron., v. 9. p. 35-43. 1974.

MULINARI, M. **Análise do processo de produção da extração de pedras preciosas visando alternativas rentáveis e ambientalmente eficazes**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, 2011.

SCORSAFAVA, M. A.; et al. Avaliação físico-química da qualidade de água de poços e minas destinada ao consumo humano. **Revista Instituto Adolfo Lutz** V. 69, p. 229–232, 2010.



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

SILVA, J. P. S. Impactos ambientais causados por mineração. **Revista Espaço da Sophia**. n. 08, 2007. Disponível em: <<http://www.registro.unesp.br/sites/museu/basededados/arquivos/00000429.pdf>>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2017.

WASTOWSKI, A. D., SCHMITT, C., BRONDANI, E. B., MARIO, G., & VOLPATTO, F. Caracterização química do resíduo sólido gerado na extração de pedra ametista por espectrometria de fluorescência de raios-x por energia dispersiva. **Anais...** 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente. Bento Gonçalves – RS, 2012.