

DESENVOLVIMENTO DE FILTROS ALTERNATIVOS A BASE DE CARVÃO ATIVADO E RESÍDUOS DA FRUTICULTURA DE BANANA PARA REMOÇÃO DE COLIFORMES TOTAIS E *ESCHERICHIA COLI*. DE ÁGUA

Matheus Pereira Simões Cruz (UFVJM) – E-mail: matheus.simoes@ufvjm.edu.br
Vitor Emanuel Cardoso Araújo (UFVJM) – E-mail: vitor.emmanuel@ufvjm.edu.br
Paulo Vitor Brandão Leal (UFVJM) – E-mail: paulo.leal@ufvjm.edu.br
Patricia Xavier Baliza (UFVJM) – E-mail: patricia.baliza@ufvjm.edu.br
Lázaro Chaves Sicupira (UFVJM) – E-mail: lazaro.sicupira@ufvjm.edu.br
Karla Aparecida Guimarães Gusmão Gomes (UFVJM) – E-mail: karla.gusmao@ufvjm.edu.br

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo a proposição de um método alternativo a partir do desenvolvimento de filtros de fluxo contínuo à base de carvão ativado e resíduos da fruticultura de banana para remoção de coliformes totais e *Escherichia coli* de água. Para tanto foram coletadas amostras d'água em diferentes pontos do Rio Gorutuba, na cidade de Janaúba - MG. Os coliformes totais e *Escherichia coli* são bactérias encontradas no trato intestinal de animais de sangue quente. Poucas pesquisas são encontradas na literatura a respeito da remoção dos coliformes por meio de materiais orgânicos, com capacidade de inativar, adsorver e/ou absorver. Deste modo, amostras de água foram coletadas e, através da metodologia proposta no teste COLIPAPER®, quantificadas. Destaca-se a região próxima ao frigorífico Minerva Foods, apresentando valores consideráveis de coliformes totais e *Escherichia coli*, que estão em desacordo com a Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005). A partir dos resultados obtidos foi possível observar que os filtros produzidos com o resíduo da fruticultura da banana apresentaram um efeito bactericida do umbigo e/ou coração, corroborando a remoção das bactérias coliformes totais e *Escherichia coli*.

Palavras-chave: Filtros alternativos, Remoção de bactérias; Resíduos da fruticultura.

DEVELOPMENT OF ALTERNATIVE FILTERS BASED ON ACTIVATED CHARCOAL AND BANANA FRUIT GROWING WASTE FOR REMOVING TOTAL COLIFORMS AND *ESCHERICHIA COLI*. OF WATER

Abstract: The objective of this work was to propose an alternative method based on the development of continuous flow filters based on activated carbon and banana fruit farming residues to remove total coliforms and *Escherichia coli* from water. To this end, water samples were collected at different points on the Gorutuba River, in the city of Janaúba - MG. Total coliforms and *Escherichia coli* are bacteria found in the intestinal tract of warm-blooded animals. Little research is found in the literature regarding the removal of coliforms using organic materials, with the ability to inactivate, adsorb and/or absorb. In this way, water samples were collected and, using the methodology proposed in the COLIPAPER® test, quantified. The region close to the Minerva Foods slaughterhouse stands out, presenting considerable values of total coliforms and *Escherichia coli*, which are in disagreement with CONAMA Resolution 357/2005 (BRASIL, 2005). From the results obtained, it was possible to observe that the filters produced with banana fruit crop residue had a bactericidal effect on the navel and/or heart, corroborating the removal of total coliform bacteria and *Escherichia coli*.

Keywords: Alternative filters, Bacteria removal; Fruit growing waste.

1. Introdução

Bactérias são geralmente encontradas no trato intestinal de animais de sangue quente, não necessariamente consideradas perigo à saúde por si próprias, como por exemplo, os coliformes totais e *Escherichia coli*, bactérias presentes no grupo das bactérias

termotolerantes de origem especificamente fecal (MACEDO, 2020). Mas, atuam como indicadores para outros patógenos, o método mais comum de contaminação dessas bactérias é através do despejo de rejeitos industriais maltratados em corpos d'água (DA SILVA, 2022).

Os métodos e técnicas para remoção de microrganismos já existentes muitas vezes podem ser considerados caros e/ou agressivos ao meio ambiente e a saúde humana como, o caso mais comum de remoção com cloro, que apresenta como vantagens o baixo custo, facilidade de aquisição e eficácia comprovada. Por outro lado, este método apresenta desvantagens como sua inativação na presença de matéria orgânica, geração de odores e possível formação de intermediários tóxicos como cloraminas e trihalometanos. Outro método de potabilidade e remoção muito utilizado é a filtração, caracterizada pela utilização de materiais porosos, onde retêm as impurezas de dimensões inferiores que as dos poros da camada filtrante (BRANDÃO, 2003). Porém, a filtração apresenta-se como uma técnica que requer maior atenção, já que possui membranas que podem ser rompidas com facilidade. Desse modo, uma remoção prévia de sólidos se faz necessária para utilização dessa técnica.

Assim, existem diversas tecnologias de tratamento da água que são classificadas em dois grupos, um grupo com coagulação química que contém coagulação, floculação, decantação e filtração e o segundo grupo não - convencionais, ou seja, sem a coagulação química, incluindo a filtração direta ascendente e descendente, a dupla filtração (CAMPLESI, 2010).

2. Materiais e métodos

2.1. Preparação e montagem dos filtros

Para produção dos recheios utilizou-se os resíduos da produção da banana, obtidos por meio dos produtores rurais da Colonização III, Município de Nova Porteirinha. O caule da bananeira e o umbigo foram cortados e passaram por um processo de secagem ao sol por um período de quatro dias, com mistura diária para favorecer a desidratação, conforme a Figura 1, a seguir.



Figura 1 – Secagem dos recheios dos filtros

Após a etapa de secagem, procedeu-se à moagem do recheio através do moinho de facas, equipado com peneiras de malha 1 *mesh*. Os produtos obtidos estão apresentados na Figura 2, a seguir.



Figura 2 – Recheios finalizados para inserção nos filtros

Os materiais utilizados para construção dos filtros foram montados na seguinte maneira, corte das velas para filtros de cerâmica, implementação dos recheios no interior das velas, sendo eles o carvão ativado (CA), o caule de bananeira (CB), o umbigo de bananeira (UB), e por fim uma mistura de caule e umbigo de bananeira (CUB) com um valor aproximado de 50% da massa total de cada composto, com os valores de massa apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Pesquisa qualitativa *versus* pesquisa quantitativa

Filtro	Composição	Massa (g)
1	CA	16,2340g
2	CB	8,0338g
3	UB	12,052g
4	CUB	9,429g

Fonte: elaboração dos próprios autores

Posteriormente, montou-se as velas novamente vedando a com massa epóxi, para evitar a abertura e o contato direto dos preenchimentos com as amostras de água, como apresentado na Figura 3.



Figura 3 – Montagem dos filtros

Após a montagem das velas, foi realizada a montagem do suporte para filtração contínua, onde foram utilizadas tubulações de *policloreto de vinila* (PVC), com 25 cm de comprimento, 10 cm de diâmetro e um tampão de 10 cm de diâmetro, em seguida, foi feito um furo no centro do tampão, para fixação da vela. Na sequência, as partes do filtro foram conectadas, e o suporte foi apoiado sob um béquer, para coletar as amostras d'água após a filtração, como visto na Figura 4.



Figura 4 – Sistema de filtração montado em fluxo contínuo

2.2. Pontos de coleta

De maneira geral, esse trabalho buscou quantificar a presença de bactérias em diferentes pontos, ao longo do Rio Gorutuba na cidade de Janaúba-MG. Os pontos escolhidos foram: Praia do Copo Sujo (ponto 1), Caiçara (ponto 2) e ao fundo do frigorífico Minerva Foods (ponto 3), a Figura 5 foi obtida através do *software* QGIS®, nela é possível localizar, georreferenciar e identificar os pontos de coleta.

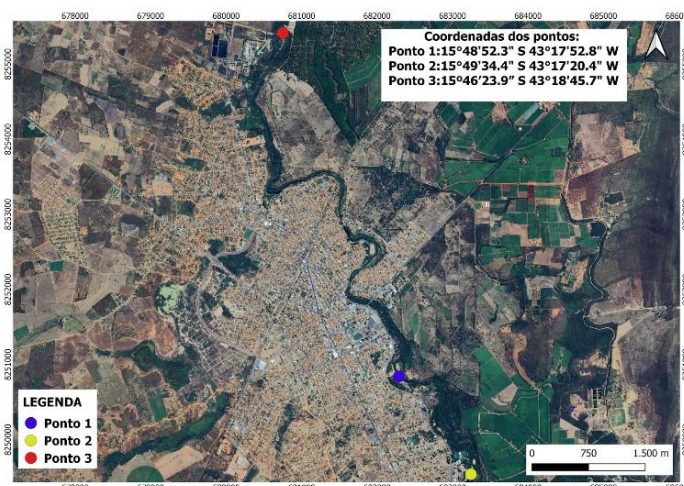


Figura 5 – Distribuição e coordenadas dos pontos amostrados do rio Gorutuba - Janaúba-MG

2.3 Métodos de análise

As amostras de água foram coletadas *in loco* nos pontos supracitados, e tiveram alguns parâmetros físico-químicos analisados no ato da coleta. A partir dessas análises foi possível observar: temperatura média de 25,5° C e pH médio de 5.0.

As análises iniciais da presença de coliformes totais e *Escherichia coli* foram feitas por meio dos testes COLIPAPER®, a partir das coletas nos três pontos de triagem, para assim determinar o ponto de coleta mais adequado para as amostras e determinação da eficiência dos filtros. Posteriormente, definiu-se apenas o ponto 3, para coleta das amostras d'água. Tal fato se justifica, pois, este ponto apresentou a maior quantidade de coliformes totais e *Escherichia coli*.

Para realização da determinação de coliformes totais e *Escherichia coli* foram utilizados os testes COLIPAPER®, seguindo o procedimento descrito pelo próprio fabricante.

Cabe destacar que o trabalho consiste em uma pesquisa quanti e qualitativa para determinação da presença de Coliformes Totais e *Escherichia Coli* no Rio Gorutuba, onde os pontos de coleta de amostras para estudo são pontos característicos de lazer da população local, e desenvolvimento de filtros alternativos à base de resíduos da fruticultura da banana para remoção de *Coliformes Totais* e *Escherichia Coli*.

3. Resultados e discussões

Os resultados obtidos com a realização dos testes propostos na seção anterior estão ilustrados nas Figuras 6 e 7, onde nota-se a presença das bactérias em alguns testes após a filtração.

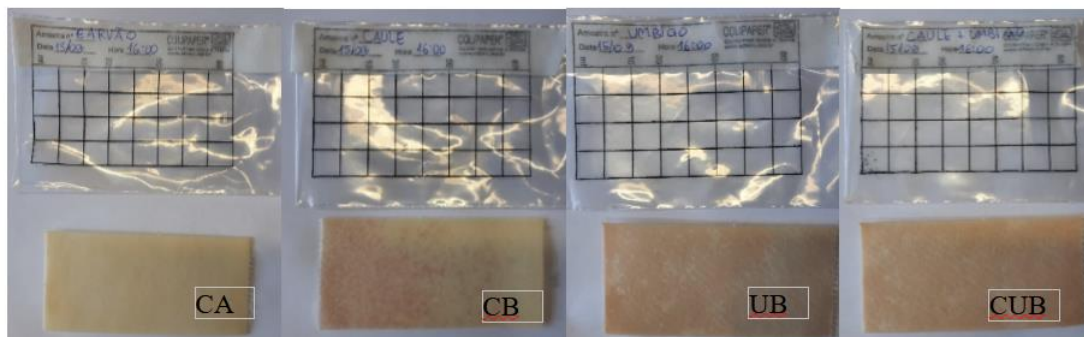


Figura 6 – Testes realizados após a filtração do dia 16/09/2022



Figura 7 – Testes realizados após a filtração do dia 29/09/2022

A Tabela 2 apresenta os valores obtidos após a realização da filtração, com os filtros de composição descrita na Tabela 1. Através do cálculo do teste COLIPAPER®,

metodologia determinada pelo fabricante, obteve-se os seguintes valores de coliformes totais e *Escherichia Coli*.

Tabela 2 – Resultados das filtrações realizadas no dia 16/09/2022 e 29/09/2022

Resultados do dia 16/09/2022			
Filtro	Composição	Coliformes totais (UFC/100g)	Escherichia coli (UFC/100g)
1	CA	0	0
2	CB	5.120	0
3	UB	0	0
4	CUB	0	0
Resultados do dia 29/09/2022			
1	CA	0	0
2	UB	0	0
3	CUB	0	0

Fonte: elaboração dos próprios autores

A partir dos resultados obtidos foi possível observar eficiências consideráveis para os filtros à base de carvão ativado, umbigo e mistura de caule e umbigo. O filtro feito com o caule da bananeira, foi ineficiente para remoção das bactérias, desse modo, não foi utilizado nos testes posteriores. Cabe destacar que os testes foram realizados em triplicata e os valores apresentados na tabela referem-se as médias.

A amostra de água coletada e analisada para comprovação da efetividade dos filtros apresentou valores de 12.800 UFC/100g de coliformes totais e 5.120 UFC/100g de *Escherichia coli*, antes da filtração. Após a filtração, novas análises foram realizadas com o COLIPAPER® e não foi observado o crescimento de colônias referentes a coliformes e *Escherichia coli*. Assim, confirmando a inexistência das bactérias após a utilização dos filtros.

Posteriormente, foi realizada buscas na literatura para evidenciar e confirmar a remoção de bactérias através do carvão ativado. Segundo BORGES, o processo de remoção de microrganismos por meio do carvão ativado, consiste no processo de adsorção, ou seja, um processo de que corresponde à passagem e retenção pelos poros presentes no material em decorrência a sua alta superfície de contato e elevada porosidade, onde a estrutura dos poros estão diretamente ligados com o material de obtenção do CA e/ou método de ativação (BORGES, 2016). Desta forma, as forças interfaciais ocasionam o processo de atração entre as moléculas e a superfície do adsorvente. Assim, este processo de adsorção realizado pelo CA pode ser causado por processo físico ou químico, removendo moléculas e íons de fases gasosas e/ou líquidas (MEZZARI, 2002; SÁ, 2006).

O teste de eficiência de retenção das bactérias em estudo apresentado na Figura 8, demonstra a efetividade de remoção de coliformes e *Escherichia Coli*. pelo filtro (UB), nas três primeiras horas. Após esse tempo, o filtro perde eficiência. Tal fato está relacionado a saturação do mesmo. Cabe destacar que resultados similares foram obtidos com o filtro CUB.

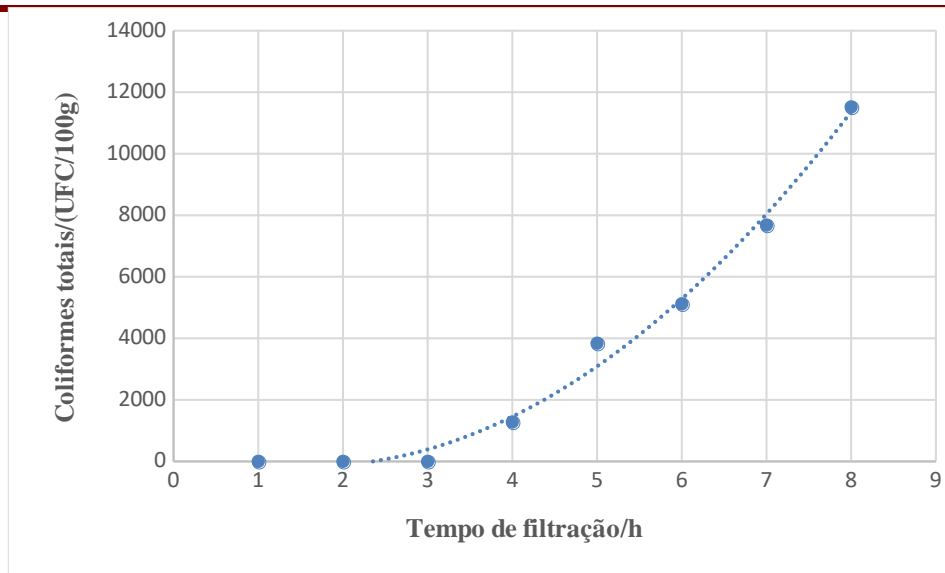


Figura 8 – Perda de eficiência do filtro (UB)

Com a confirmação da saturação das velas cerâmicas, foi possível confirmar a eficácia dos filtros UB e CUB para remoção das bactérias em estudo nas três primeiras horas de fluxo do líquido.

Com o intuito de validar a eficiência bactericida dos materiais utilizados nos recheios dos filtros, foi proposto a realização de um teste com contato direto desses materiais de recheio com a água contaminada. Tal teste consistiu em: Etapa (1) avaliar uma amostra de água, sem contato com o material de recheio a partir da metodologia do COLIPAPER; Etapa (2) Deixar o material de recheio em contato com a água, sob agitação por 15 minutos, centrifugar e avaliar a amostra obtida. Foi possível observar que a amostra de água do teste (1) apresentou 11.520 UFC/100g de *Escherichia coli* e 15.360 UFC/100g de coliformes totais, comprovando a presença das bactérias, como apresentado na Figura 9.



Figura 9 – Resultado da análise sem contato com o material de recheio (Etapa -1)

Após a realização do contato direto, como citado na Etapa (2) (Figura 10), foi possível observar um resultado que corroborou com o efeito bactericida do resíduo da

fruticultura da banana, apresentado nos testes com o filtro UB. Assim foi possível observar que essas características bactericidas de resíduos da banana estão associados especificamente ao umbigo (coração).

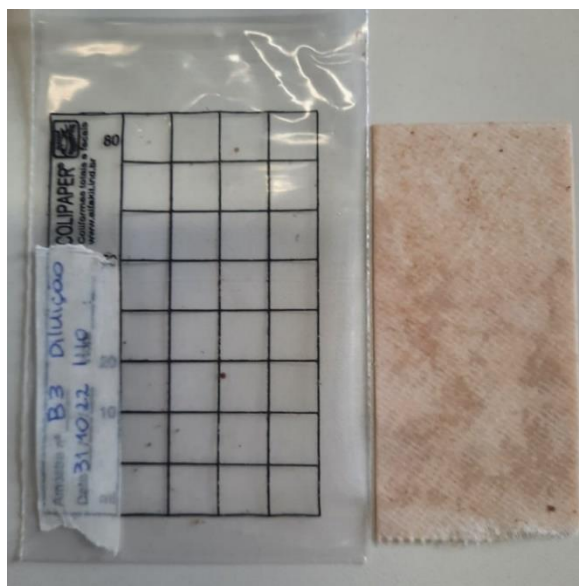


Figura 10 – Resultado da análise com contato com o material de recheio do filtro (UB) (Etapa -2)

Apesar da constatação de um possível efeito bactericida, relacionado especificamente ao umbigo da bananeira, não foi possível ainda a identificação e determinação do mecanismo de inativação da bactéria em estudo, o que viabiliza uma linha de pesquisa de caráter inovador.

4. Conclusões

Os filtros de fluxo contínuo UB e CUB se mostram eficientes para a remoção de coliformes totais e *Escherichia Coli*. de corpos hídricos. Cabe destacar que essa eficiência ocorreu nas três primeiras horas de utilização dos mesmos. Com o passar do tempo e o aumento de volume escoado pelo filtro, ocorreu a perda gradativa de eficiência que pode estar relacionada a uma perda de caráter bactericida dos materiais de recheio.

A partir dos testes em batelada, com o contato direto da água com o material de recheio, ou seja, sem a montagem do aparato de filtração, foi possível observar que os resultados corroboraram com o teste nos filtros em fluxo contínuo. Tal fato demonstra um possível efeito bactericida do umbigo da bananeira. Porém, uma elucidação do mecanismo desse processo é importante para entender como seria esse efeito.

5. Agradecimento

Agradecemos a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo custeio da pesquisa supracitada e pelo fomento ao desenvolvimento científico e tecnológico de Minas Gerais.

Referências

- ALVES, L.F.** *Produção de Fitoterápicos no Brasil: História, Problemas e Perspectivas*. Revista Virtual de Química. v. 5, n. 3, p. 450-513, 2013.
- AMOROZO, M.C.M. e GÉLY, A.L.** *Uso de plantas medicinais por caboclos do Baixo Amazonas*. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi., Ser. Bot. v.4, n.1, p.47-131, 1988.
- AMOROZO, M.C.M.** *Uso e diversidade de plantas medicinais em Santo Antônio do Leverger, MT, Brasil*. Acta Bot. Bras. v.16, n.2, p.189-203, 2002.
- BORGES, R.M.; MINILLO, A.; LEMOS, E.G.M.; PRADO, H.F.A.; TANGERINO, E.P.** *Uso de filtros de carvão ativado granular associado a microrganismos para remoção de fármacos no tratamento de água de abastecimento*. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 21, p. 709-720, 2016.
- BRANDÃO, V.S.; MATOS, A. T.; FONTES, M.P.F.; MARTINEZ, M.A.** *Retenção de poluentes em filtros orgânicos operando com águas residuárias da suinocultura*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 7, p. 329-334, 2003.
- BRASIL.** Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2023.
- CAMPLESI, D. C.F.** *Remoção de coliformes totais e Escherichia coli utilizando a filtração em múltiplas etapas (FiME) em períodos de alta turbidez da água bruta*. Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 1, n. 1, 2010.
- CANEVAROLI, M.R.; LEMOS, E.G.M.; OLIVEIRA, K.M.P.; ISIQUE, W.D. SUAREZ, Y.R.; MINILLO, A.** *Remoção de herbicida atrazina por meio de filtros de carvão ativado granular associados com microrganismos no tratamento de água para abastecimento*. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 26, p. 263-272, 2021.
- CORDEIRO, J.M.P.; FÉLIX, L.P.** *Conhecimento botânico medicinal sobre espécies vegetais nativas da caatinga e plantas espontâneas no agreste da Paraíba, Brasil*. Rev. Bras. Pl. Med. v.16, n.3, p.685-692, 2014.
- DA SILVA, N. A.** O uso de tecnologias sociais para o fornecimento de água potável na comunidade Nossa Senhora de Fátima. Editora Dialética, 2022.
- FRANÇA, I.S.X.; SOUZA, J.A.; BAPTISTA, R.S.; BRITTO, V.R.S.** *Medicina popular: benefícios e malefícios das plantas medicinais*. Rev. Bras. Enferm. v.61, n.2, p.201-8, 2008.
- FUKUMOTO, A.A.F; KURODA, E. K.** *Seleção de carvões ativados para adsorção de microcistinas*. Revista de Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 24, p. 295-304, 2019.
- MACEDO, K. H.** *Caracterização de Escherichia coli diarreiogênica isolada de água subterrânea para consumo humano em um assentamento rural*. Semina: Ciências Biológicas e da Saúde, v. 41, n. 2, p. 263-272, 2020.
- MEZZARI, I. A.** *Utilização de carvões adsorventes para o tratamento de efluentes contendo pesticidas*. 2002. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química e Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- MOURA, D.** *Destaque na fruticultura, Norte de Minas é segunda região maior produtora de bananas do Brasil*- Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - SEAPA. Disponível em:

<<http://www.agricultura.mg.gov.br/index.php/ajuda/story/4995-destaque-na-fruticultura-norte-de-minas-e-segunda-regiao-maior-produtora-de-bananas-do-brasil>>. Acesso em: 23 out. 2022.

SÁ, J. C. *Influência das características da camada filtrante e da taxa de filtração na eficiência da remoção de *Microcystis aeruginosa* e *microcistina* na filtração lenta em areia*. 2006. 186 f. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2006.

TURNER, F.J. WERHOOGEN, J. *Igneous and Metamorphic Petrology*. 20^a ed., McGraw-Hill, 694 p., 1960.