

XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

TRATAMENTO E PURIFICAÇÃO DA ÁGUA PRESENTE NA URINA HUMANA

**Welton da Cruz Martins⁽¹⁾; Malena Correia Costa⁽²⁾; Ivana Correia
Costa⁽³⁾; Osiel César da Trindade Junior⁽⁴⁾**

Eixo Temático: Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Líquidos

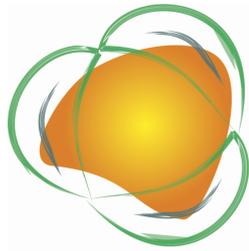
(1) Estudante de Licenciatura em Química; Departamento de ensino superior e Tecnológico; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – Campus Zé Doca; Zé Doca - Maranhão; welton_1@yahoo.com.br; (2) Estudante de Licenciatura em Química e bolsista FAPEMA; Departamento de ensino superior e Tecnológico; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – Campus Zé Doca; Zé Doca - Maranhão; malenapires01@hotmail.com; (3) Técnica de laboratório da faculdade Maurício de Nassau- Unidade São Luís do Maranhão; ivanacorreia72@gmail.com; (4) Professor do IFMA e orientador; Direção de Desenvolvimento de Ensino; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – Campus Zé Doca; Zé Doca – Maranhão; osiel.junior@ifma.edu.br.

RESUMO – O presente trabalho tem como objetivo estudar uma via de tratamento e purificação da água contida na urina para ser reutilizada para fins potáveis, garantindo que seus nutrientes voltem ao lugar de origem e que esteja adequada para consumo. Obtendo assim sua purificação através de um método baseado no ciclo da água com leve interferência de reagentes químicos para estabilização de pH e extração de compostos em excesso ou dispensáveis. Através da reorganização de técnicas já ratificadas e a introdução de novas para melhor aproveitamento da água. Sendo possível, ao final avaliar a sua qualidade, tornando-a consumível.

Palavras-chave: Urina. Purificação. Água potável.

ABSTRACT: This paper aims to study a course of treatment and purification of water contained in the urine for reuse for potable purposes, ensuring that their nutrients back to the place of origin and is suitable for consumption. Thus obtaining its purification by a method based on the water cycle with a slight interference chemicals for pH stabilization and extraction of compounds in excess or dispensable. Through reorganization of techniques already ratified and the introduction of new for better use of water. If possible, the end assess their quality, making it consumable.

KEYWORDS: Urine. Purification. Potable water.



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

Introdução

A demanda por água está aumentando devido ao crescimento populacional, desenvolvimento tecnológico e mudanças climáticas, diminuindo a disponibilidade hídrica, o que torna esse um recurso cada vez mais escasso. Existe uma necessidade urgente de encontrar soluções inovadoras tanto para o consumo quanto para a geração e perdas de água no sistema de abastecimento e distribuição (TOLEDO, 2013).

Com a geração de águas residuárias e a demanda de água potável no mundo, se torna essencial a preservação da qualidade da água, controle de perdas, desperdícios e o desenvolvimento de técnicas que permitem o reaproveitamento dos subprodutos gerados (ZANCHET, 2004). Um destes subprodutos do consumo humano de água é a urina, a qual tem se mostrado com grande potencial em relação a sua purificação e reaproveitamento na forma potável de água para consumo.

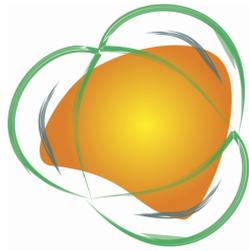
Segundo Johansson (2000), as técnicas de separação da urina, já são utilizadas há muitos anos em diferentes partes do mundo.. A utilização da urina pode ser feita sob a forma líquida ou na forma de cristais de estruvita ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$) e hidroxiapatita. Sendo assim iniciativas ecológicas baseadas na separação da urina vem sendo propostas para se alcançar o máximo de recuperação e recirculação de nutrientes que não contenham resíduos perigosos para a utilização como fertilizantes (ZANCHETA, 2007). Na China, por exemplo, a urina é separada em toaletes simples e coletada para uso como fertilizante na própria propriedade e também aproveitam as fezes separadas da urina (ZANCHET, 2004).

A urina humana é uma solução complexa de água contendo concentrações de sais e nutrientes. O cloreto de sódio (NaCl) e a uréia [$CO(NH_2)_2$] são os principais deles, mas também estão presentes o potássio (K), cálcio (Ca), os sulfatos (SO_4), e o fósforo (P). O fósforo é disponível como superfosfatos ($H_2PO_4^-$ ou HPO_4^{2-}) e o potássio como um componente iônico (K^+) (LIND et al, 2001). Em torno de 80% do nitrogênio total da urina, está na forma de uréia [$CO(NH_2)_2$] e o restante está em forma de nitrogênio inorgânico, orgânico e amônia. Diariamente a excreção de uréia em adultos varia entre 11,8 e 23,8 g e a relação entre nitrogênio total e uréia é de aproximadamente 0,8 (FITTSCHEN E HAHN, 1998).

O presente trabalho tem como objetivo estudar uma via de tratamento e purificação da água contida na urina para ser reutilizada, para fins potáveis, garantindo que seus nutrientes voltem ao lugar de origem e que esteja adequada para consumo.

Material e métodos

Coleta das amostras e medição de suas características físico-químicas



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

As amostras foram coletadas de indivíduo previamente selecionado e posto em quarentena, a fim de se evitar a contaminação da urina por medicamentos. Sendo 11 amostras, totalizando uma quantidade de 4 litros de urina. As quais foram coletadas em recipientes estéreis e devidamente homogeneizadas antes dos testes físico-químicos preliminares, tais como pH, condutividade elétrica e temperatura. Submeteu-se à desinfecção da urina com hipoclorito de sódio na concentração 1:10 e sua homogeneização, deixando-se em repouso por 15min.

Filtração em areia e filtro comum

Essa filtração realizou-se com objetivo de eliminar partículas sólidas e ocorreu por vezes alternadamente a destilação para diminuir a concentração de sais e aumentar a velocidade de ebulição.

Destilação da amostra

Destilou-se toda urina em um destilador simples, logo como consequência houve a passagem de íons e substâncias orgânicas, devido à urina apresentar-se como uma mistura homogênea e azeotrópica.

Filtração em carvão ativado e argila

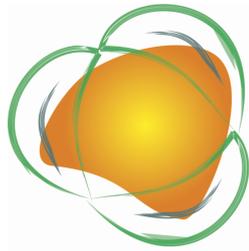
Em uma coluna montou-se um sistema simples de filtração, constituído de argila e carvão ativado, fazendo-se passar por esta à amostra obtida no item anterior, repetindo-se a destilação e novamente filtração.

Correção do pH

Após a destilação e esfriamento da amostra até temperatura ambiente, mediu-se o pH da amostra e realizou-se a correção através de duas etapas: a “descationação” (retirada de cátions) e a protonação, por meio da decomposição de ácido clorídrico e limalha de ferro.

A “descationação” ocorre por meio da técnica empregada por Boniolo (2008), na utilização das cascas de banana secas e pulverizadas para retirada de metais pesados da água. Nesta etapa esta técnica é utilizada para reduzir o número de cátions metálicos na água quando apenas a protonação não é suficiente e consiste em deixar uma colher de cascas de banana seca em mistura heterogênea com a amostra por 24h.

Já a protonação efetuou-se com o borbulhamento dos íons obtidos na amostra até pH 7, 51 retirando-se o excesso de prótons através do vácuo de 600 mm hg por 10 minutos e posteriormente aerificação com o gás ambiente por meio de borbulhamento com duração de 10 minutos. Deixando-se descansar por 15 minutos e medindo-se o pH ao fim deste tempo.



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

Teste para substâncias orgânicas, pH e CE (condutividade elétrica)

Inicialmente fez-se o teste para identificação da amônia na amostra por gravimetria, utilizando-se o sulfato de cobre (II) para precipitação da amônia presente na amostra na forma de sal, conforme método indicado por Campos (2012) utilizando-se outra alíquota da amostra para obter as medidas do pH e da condutividade elétrica.

Testes físico-químicos básicos

Estes testes foram realizados com base nos testes indicados pelo Instituto Adolf Lutz, sendo comparado com as resoluções 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Companhia Ambiental do Estado de São Paulo CETESB (2009), Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e com a portaria 518/04 do Ministério da Saúde. As análises realizadas foram: dureza total, cloreto, alcalinidade, pH, condutividade elétrica.

Análise microbiológica

A fim de analisar a quantidade de bactérias presentes nas amostras em estudo, foram utilizadas técnicas preconizadas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Adotou-se a técnica indicada pela American Public Health Association - Apha (2005), a qual aborda a quantificação em tubos múltiplos.

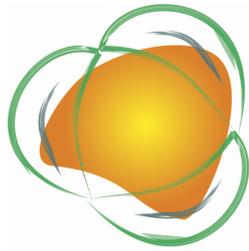
Para a análise microbiológica da água foi analisada a presença de bactérias do grupo de coliformes bacilos gram-negativos, aeróbicos ou anaeróbicos facultativos. Além disso, buscou-se a presença de *Salmonella* sp., *Escherichia coli*, *Pseudomonasaeruginosa*, *Staphylococcus aureus* e *Yersiniaenterocolitica*.

Análise sensorial

Realizada com 63 voluntários, esclarecidos, de variadas idades e profissões, responderam questionários sobre aspectos básicos da água, como sabor, odor, viscosidade, cor e distinção entre água purificada e natural. Foram oferecidas duas amostras de água, sendo uma natural e outra purificada via etapas supracitadas, na quantidade de 40 mL a temperatura de $\pm 25^{\circ}\text{C}$.

Resultados e Discussão

A tabela 1 mostra que o sistema de destilação simples permite que o fluxo de calor na água, gera uma pressão de vapor a ponto de arrastar sais durante a destilação e ácido úrico e amônia. Todavia é possível utilizar filtração em camada de carvão ativado e argila do destilado para que se retire os contaminantes.



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

AMOSTRA 1: antes da destilação	AMOSTRA 1: após a destilação
Temperatura: 35,5 °C	Temperatura: 35,5°C
pH: 6,59	pH: 9
Condutividade elétrica=7,36µS/cm	Condutividade elétrica:1,49µS/cm

Tabela 1- Média dos resultados da amostra 1/ testes de eficiência da destilação

Notou-se a diminuição da condutividade elétrica de 7,36 para 1,49 µS/cm, após a destilação, isso aconteceu em função do pH está elevado, já que a filtração em carvão ativado, eleva o pH. A resolução Conama 357/2005 não determina valor específico para esta variável, porém a Cetesb (2009) aponta o valor máximo de 100 µS/cm, dessa forma o encontrado está de acordo com o estabelecido.

Segundo a Agencia Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) a água potável própria para o consumo humano tem como limite máximo estabelecido a alcalinidade de 120 mg/L, a amostra apresentou-se em 7,89 mg/L, de acordo com o padrão, e revelando que nela existem carbonatos e bicarbonatos,

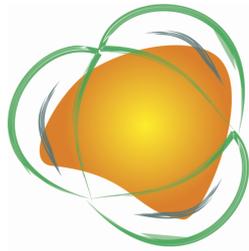
O valor de cloreto encontrado de 33,189 mg/L está de acordo com o limite máximo de 250 mg/L, estabelecido de pela resolução 357 de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e pela portaria 518/04 do Ministério da Saúde, (2004). A baixa concentração de Cl⁻ encontrado é consequência da protonação no lugar da reação ácido básico comum.

De acordo com a portaria 518/2004, a água potável deve apresentar valor máximo permitido de dureza igual a 500 mg/L, sendo mole ou branda se apresentar valor < 50 mg/L, dessa forma o encontrado na amostra foi de 47,45mg/L, encontrando-se dentro do estabelecido, indicando que a água é mole, isto é com um teor de cálcio e magnésio relativamente baixo.

O pH analisado ficou na faixa de 6,59 a 9, estando de acordo com o estabelecido pela resolução 357 Conama (2005), segundo a qual o padrão de qualidade referente a pH deve ter valor de 6 a 9.

Tabela 2. Resultados das análises físico-químicas

Valor máximo estabelecido (VME)	Valor encontrado na amostra (VEA)
Cloreto = 250 mg/L	33,189mg/L
Dureza = 500 mg/L	47,45 mg/L



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

pH = 6 a 9	9 (pH final)
Condutividade elétrica = 100 µS/cm	1,49µS/cm
Alcalinidade = 120mg/L	7,89 mg/L

Todos os resultados das análises microbiológicas foram negativos como mostra a tabela 3, indicando que a água está livre dos micro-organismos pesquisados (coliformes bacilos gram-negativos, aeróbicos ou anaeróbicos facultativos, *Salmonellasp.*, *Escherichia coli*, *Pseudomonasaeruginosa*, *Staphylococcus aureus* e *Yersiniaenterocolitica*.

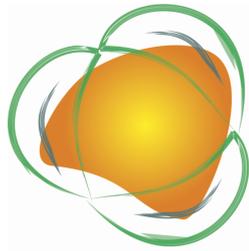
Tabela 3. Concentração encontrada em unidades formadoras de colônia/mL para cada bactéria e patógenos na análise microbiológica.

Coliformes bacilos gram-negativos, aeróbicos ou anaeróbicos facultativos	0 UFC/mL
<i>Salmonellasp</i>	0 UFC/mL
<i>Escherichia coli</i>	0 UFC/mL
<i>Pseudomonasaeruginosa</i>	0 UFC/mL
<i>Staphylococcus aureus</i>	0 UFC/mL
<i>Yersiniaenterocolitica</i> .	0 UFC/mL

Os resultados do exame de urinálise realizados previamente pelo indivíduo de quarentena mostraram que o mesmo não apresentou nenhum tipo de patologia química ou microbiana. Os resultados foram confrontados com a Resolução 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), com a portaria 518/04 do Ministério da Saúde e com a portaria 2.914, de 12 de dezembro de 2012, os quais estabelecem limites toleráveis de para o consumo humano de água.

As análises sensoriais com consumidores voluntários visam testar o conceito de produto por meio da técnica Mapa de percepção, que avalia principalmente os odores e aspectos referentes à ação do produto (TOLEDO, 2013). Ela pode ser vista na figura 1, onde se mostra que não houve distinção entre a água purificada da água natural, com exceção de apenas uma pessoa, maior de 60 anos que deduziu a diferença em função do bicarbonato de cálcio acrescentado para regular o pH. As demais características foram sensorialmente imperceptíveis, sendo que todos os voluntários afirmaram que comprariam a água ciente da procedência.

Figura 1- Análise sensorial da água purificada a partir da urina humana



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016



Conclusão

A água purificada pode ser ingerida no consumo humano com certa segurança a vista que os resultados dos testes apresentaram-se dentro dos padrões de qualidade e por vezes ate melhor que o exigido. A probabilidade de metais pesados existentes na água é praticamente zero podendo o homem consumir esse subproduto humano com certa tranquilidade e confiança. O método de purificação da urina se mostrou eficiente, todavia necessita ser melhor estudado para que possa ser utilizado em nível de consumo.

Agradecimento(s): Ao IFMA – Campus Zé Doca por financiar essa pesquisa.

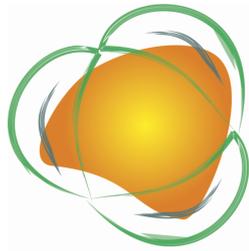
Referências Bibliográficas

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria SVS/MS nº 326 de 30 de julho de 1997: estabelece os requisitos gerais sobre as condições higiênico-sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para estabelecimentos produtores/ industrializadores de alimentos.

BONIOLO. M. R. Biossorção de Urânio nas cascas de Banana. 2008. 54p. Dissertação (Mestrado em Ciência na área de tecnologia nuclear – Materiais). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.

GARCEZ, L. N; Manual de procedimentos e técnicas laboratoriais voltados para análises de águas e esgotos sanitário e industrial. Escola Politécnica da Universidade de são Paulo Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Laboratório de Saneamento, 2004.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ; métodos físico-químicos para analise de alimentos. Cap. IV, 1 edição digital, disponível em:
<<http://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>>/, visualizado em 2016.



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

MIRANDA, L. A. S; Sistemas e processos de tratamento de águas de abastecimento, guia do profissional, Porto Alegre: (S. n.), 2007.

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS; Experiências de laboratório *em* química ambiental MAF-1063. Departamento de Matemática e Física, Coordenação de Química, 2009.

ZANCHETA, P. G; Recuperação e tratamento da urina humana para uso agrícola, Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo. Dissertação de estrado em engenharia ambiental, ES, Brasil 2007.

TOLEDO. A. C. T. Estudo de tratamento químico da urina para redução no consumo de água em descargas residenciais.2013. 14 p. Dissertação (Mestrado em Ciência na área de tecnologia nuclear – Materiais. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.