

Eixo Temático ET-05-017 - Recursos Hídricos

## **SANEAMENTO ECOLÓGICO: ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DA URINA HUMANA COMO FERTILIZANTE NATURAL MEDIANTE PRECIPITAÇÃO DE ESTRUVITA**

Liana de Holanda Viana Barros<sup>1</sup> Camilla Figueredo de Lima<sup>2</sup> Raniery Alves de Oliveira Filho<sup>3</sup>

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. lianaviana17@yahoo.com.br<sup>1</sup>; camilla.figueredo@outlook.com<sup>2</sup>; raniery\_filho@hotmail.com<sup>3</sup>

### **RESUMO**

Na atualidade a busca por alternativas sustentáveis para tratamento de efluentes tem sido recorrente visto o aumento no consumo de água e a geração de esgotos. Técnicas de reaproveitamento do esgoto para aplicação em fins diversos tem sido consideradas no contexto atual como no caso do uso de urina humana. Este artigo tem como objetivo discutir a utilização de urina quanto a sua viabilidade na forma pura e como subproduto na forma de estruvita. A fundamentação da temática ocorreu por meio de caracterização quali-quantitativa da urina e da sua utilidade quando comparada a outros rejeitos como fezes e água cinzas. Foi demonstrado que essa alternativa pode ser aplicada no Brasil visando a sustentabilidade ambiental, na redução de impactos causados pelo lançamento inadequado de excretas em corpos aquáticos e pela produção de fertilizantes industriais, sendo ainda uma opção para a escassez de rochas fosfatadas.

**Palavras-chave:** Urina, Estruvita, Saneamento ecológico.

### **ECOLOGICAL SANITATION: STUDY OF THE USE OF HUMAN URINE AS NATURAL FERTILIZER BY PRECIPITATION STRUVITE**

### **ABSTRACT**

At the present time the search for sustainable alternatives for wastewater treatment has been recurrent since the increase in water consumption and the generation of wastewater. Technical wastewater reuse for use in various purposes has been considered in the present context as in the use of human urine. This article aims to discuss the use of urine as their viability in pure form and as a byproduct in the form of struvite. The justification of the theme was through qualitative and quantitative characterization of urine and its usefulness when compared to other waste such as feces and water ash. It has been shown that this alternative can be applied in Brazil for environmental sustainability, the reduction of impacts caused by inadequate excreta release in water bodies and the production of industrial fertilizers, still being an option for the shortage of phosphate rocks.

**Keywords:** Urine, Struvite, Ecological sanitation.

### **INTRODUÇÃO**

O tratamento de efluentes domésticos tem sido incentivado nas últimas décadas face o aumento da demanda populacional e do consumo de água. Águas residuárias são ricas em nutrientes como fósforo e nitrogênio que sem o controle de lançamento adequado em corpos hídricos favorecem a proliferação excessiva de algas provocando o fenômeno de eutrofização.

A presença de nutrientes em esgotos domésticos possibilita a constatação da necessidade de remoção por meio de tratabilidade em Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's) e a de que esses mesmos nutrientes são constituintes imprescindíveis na fabricação de fertilizantes para a agricultura.

No processo de tratamento de esgoto, os custos envolvidos para retirada de nutrientes são elevados, o que dificulta parte considerável de ETES no Brasil realizarem a remoção desses nutrientes de modo efetivo. Apesar disso, esses mesmos nutrientes são utilizados como subprodutos na fabricação de fertilizantes agrícolas, os quais ao serem adquiridos no mercado de venda se apresentam dispendiosos e em alguns casos como o fósforo, as fontes de extração mineral são finitas. (OYAMA, 2013).

Em esgotos domésticos, a maior fração de nutrientes está presente na urina, que apresenta na sua composição o cloreto de sódio (NaCl) e a ureia ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) os principais constituintes, estando presente ainda o potássio (K), os sulfatos ( $\text{SO}_4$ ), e o fósforo (P). O fósforo é disponível como superfosfatos ( $\text{H}_2\text{PO}_4$  ou  $\text{HPO}_4^{2-}$ ) e o potássio como um componente iônico ( $\text{K}^+$ ) (JÖNSSON, H. et al., 2005). A ureia disponível compõe a parcela de 80% do nitrogênio total da urina, sendo a parcela restante na forma de nitrogênio inorgânico, orgânico e amônia. (KIRSCHMANN; PERTTERSSON, 1995). O uso da urina na agricultura figura como uma alternativa de saneamento ecológico que permite alcançar a sustentabilidade do sistema de efluentes sanitários e possibilita a melhoria na produção de alimentos.

Nesse cenário, o presente trabalho pretende analisar o aproveitamento da urina humana associada à extração dos nutrientes presentes na sua fase sólida, na forma de estruvita, através de revisão bibliográfica.

A estruvita (fosfato de amônio e magnésio hexahidratado:  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) é um mineral que possui os componentes necessários para o desenvolvimento das plantas. Quando introduzido no solo como fertilizante apresenta uma taxa de liberação de nutrientes lenta o que possibilita a diminuição da necessidade de aplicações frequentes.

A escolha por essa forma de aproveitamento se fundamenta, por entre outras razões, na facilidade de armazenamento ao longo do tempo quando comparado ao da urina líquida e pela aplicabilidade do subproduto como fertilizante natural, se apresentando como uma alternativa menos onerosa quando comparada aos insumos agrícolas sintéticos.

## **OBJETIVO**

Avaliar na literatura alternativas de aproveitamento da urina humana associada à extração dos nutrientes presentes na sua fase sólida, na forma de estruvita.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Neste tópico, foram abordados temas que se baseiam no estudo da produção de fertilizantes por meio da extração de nutrientes presentes na urina humana e o respectivo aproveitamento como insumo agrícola.

A revisão bibliográfica foi pautada no levantamento dos principais tópicos correspondentes à temática em questão e em detrimento da amplitude de assuntos optou-se por direcionar a revisão de acordo com o seguinte agrupamento de temas:

- Saneamento ecológico: Abordagem referente aos tipos de sistemas de tratamento de esgoto convencional com sustentabilidade econômica baseado na ciclagem de nutrientes.

- Reuso da urina humana na agricultura: levantamento dos componentes presentes na urina humana e a aplicabilidade como fertilizante natural.
- Estruvita: caracterização do composto quanto sua estrutura e utilidade como alternativa de emprego na agricultura.

### **Saneamento ecológico**

Os métodos de tratamento de esgotos domésticos atuais apresentam elevados custos de implantação e operacionalização, o que dificulta a aquisição desses sistemas em países em desenvolvimento. A utilização de alternativas sustentáveis tem se tornado imprescindíveis para o estabelecimento de novos procedimentos a serem considerados visando a reutilização da água assim como a reciclagem de nutrientes.

Atualmente o conceito de saneamento ecológico é adotado em países como a Suécia, funcionando como uma opção considerável aos sistemas de tratamento de esgoto convencional visando a ciclagem sustentável de nutrientes com o uso de tecnologias alternativas de baixo custo.

Nos processos de saneamento convencional as soluções previstas consideram o processamento de resíduos no meio ambiente de maneira interrupta. A etapa de processamento de resíduos se limita à mudança no estado da matéria e na transferência de um estágio bioquímico para o outro. O saneamento ecológico, antagonicamente, reduz o uso de recursos físicos dispendiosos e minimiza o lançamento de resíduos para o meio ambiente podendo contribuir ainda na segurança alimentar de plantio e consumo bem como permitir o gerenciamento qualitativo de águas, solos e dos nutrientes. (ESREY, 1998).

A proposta fundamental do saneamento ecológico se ampara na consideração da estrutura natural dos ecossistemas e no ciclo fechado dos nutrientes. Efluentes originários do uso da água através do consumo humano juntamente com as excretas (urina e fezes) são consideradas com possibilidade de reuso. A reutilização da urina humana é uma das alternativas envolvidas nesse contexto, sendo possível promover a redução de uso de água em determinadas atividades e devido a contribuição à redução nos níveis de poluição.

### **Reuso da urina humana na agricultura**

A urina humana é um composto líquido excretado pelo corpo humano que compreende a remoção de substâncias residuais do sangue. (TAYLOR, J; COHEN, B, 2012). A variação da quantidade de urina eliminada pelo organismo ocorre em detrimento de fatores diversos como a faixa etária, hábitos alimentares e do consumo de água. De acordo com Kirshmann e Pettersson, 1995, na urina humana são encontrados elementos como o nitrogênio 7-9 g/L, fósforo 0,20-0,21 g/L, potássio 0,9-1,1 g/L, enxofre 0,17-0,22 g/L, cálcio 13-16 mg/L e magnésio 1,5-1,6 mg/L, estando presentes ainda micro nutrientes como o boro, zinco, cobre e ferro.

A fração de fósforo presente na urina humana varia de 95 a 100% disponível na forma inorgânica como fosfato. (JOHNSON, 2005). Desse modo, o desempenho do uso de urina em culturas pode ser tão eficiente quando comparado a utilização de fertilizantes químicos, estando diretamente disponíveis às plantas elementos como o potássio e o enxofre na forma de íons que podem ser facilmente utilizados, funcionando como uma opção ao uso de fertilizantes.

O uso da urina fresca deve atender a critérios específicos de manuseio que compreendem a adequada coleta e preservação afim de que se tenha um bom desempenho na aplicação. A análise prévia da quantidade de nitrogênio disponível deve

ser realizada, caso não exista a possibilidade de calcular essa concentração é recomendável a aplicação da urina produzida por uma pessoa durante um dia mediante frações intercaladas e preferencialmente feita antes do plantio. (JOHNSON, 2005).

A frequência de aplicação deve obedecer a necessidade de uso, e caso necessário a utilização de doses suplementares de água, devem ser atendidas com água pura com o intuito de evitar super dosagem, queimaduras foliares ou outros problemas relacionados ao uso de urina pura. A quantidade de urina aplicada varia em razão da necessidade sendo possível aplica-la em doses consideráveis em curto intervalo de tempo, assim como em quantidades menores ao longo do processo de plantio, e na maioria dos casos o rendimento total resultará aproximadamente o mesmo. Utilização de técnicas de irrigação por gotejamento não são consideradas para esse processo devido a precipitação do fósforo presente na urina, entupindo facilmente o sistema.

A utilização da urina humana é uma alternativa aplicável quanto ao ponto de vista de valor agrônômico visto que representa uma forma de reciclagem de nutrientes e figura dentro do conceito de saneamento ecológico como uma fonte natural de fertilizante que além de priorizar os padrões de higiene adequados, preza pela fertilidade de solos.

### **Estruvita**

Uma das técnicas de aplicação da urina corresponde ao seu uso na forma de estruvita. A estruvita (fosfato de amônia e magnésio hexahidratado  $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ ) é um mineral que possui os componentes necessários para o desenvolvimento das plantas. Quando introduzido no solo como fertilizante apresenta uma taxa de liberação lenta o que possibilita a diminuição da necessidade de aplicações frequentes. (DE-BASHAN; BASHAN, 2004).

Em virtude de compor a maior parcela de nutrientes do esgoto, se toda a urina fosse reutilizada evitaria a formação de incrustações no sistema de tratamento de esgoto, o precipitado poderia ser aplicado como fertilizante na agricultura e funcionaria como uma opção à substituição de fertilizantes químicos.

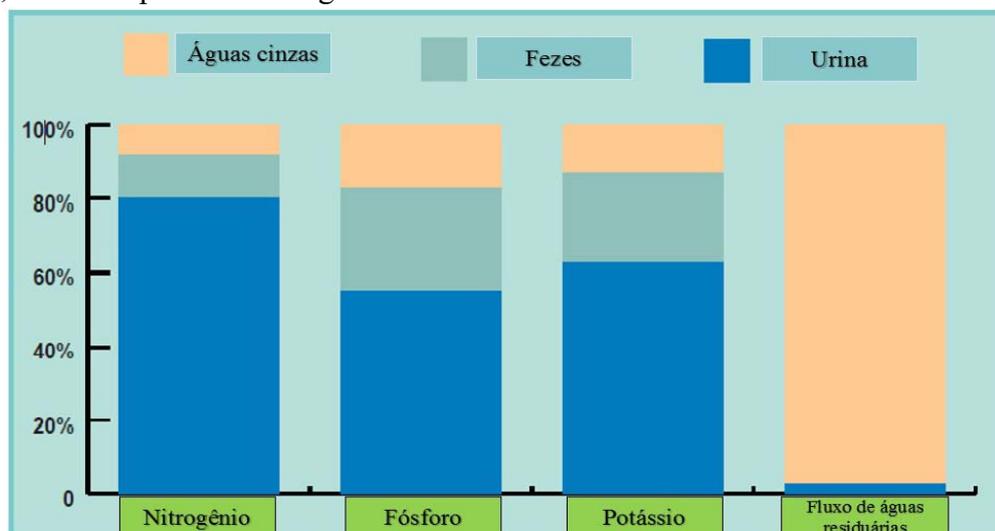
A urina humana apresenta quantidades dos componentes NPK adequadas ao uso na agricultura na forma de fertilizante. O processo da precipitação da estruvita, ocorre através do processo de hidrólise da ureia (nitrogênio orgânico), principal fonte de nitrogênio na urina, que sofre hidrólise catalisada pela enzima uréase (ureia amidohidrolase) liberando amônia e bicarbonato (KIRSCHMANN; PERTTERSSON, 1995).

### **Urina e relação NPK**

O aproveitamento de urina humana é realizado em diversos países ao longo de várias décadas. Em países como a China, por exemplo, a segregação de dejetos é feita com vistas a reutilização de nutrientes. A urina é coletada e usada como fertilizante natural de espécies vegetais. Em outras localidades como o Iêmen, por exemplo, a separação da urina em banheiros secos ocorre por meio do direcionamento do líquido para uma unidade exterior ao sistema, onde facilmente evapora quando disposta sob ação do clima quente. (JOHANSSON, 2001).

A maior parte dos nutrientes necessários para a produção agrícola (N, P, K) presentes em esgotos domésticos se encontra na urina. As fezes apresentam quantidades inferiores desses nutrientes e no caso de águas cinzas as porções são insignificantes (Figura 1).

Figura 1 - A contribuição da urina, fezes e águas cinzas para o teor de nitrogênio, fósforo e potássio nas águas residuais.



Fonte: JOHANSSON, (2001).

A urina representa 1% do total do fluxo de efluentes e utilizar técnicas para aproveitamento na forma de fertilizante se configura como uma prática importante, tornando possível a utilização da maior parcela de nutrientes das águas residuais. E se a segregação do rejeito fecal também for realizada, apenas frações mínimas de nutrientes continuam em águas cinzas. Por conseguinte, a separação da urina não pode substituir outros métodos de tratamento mas é um complemento que ajuda a reciclar uma maior proporção dos nutrientes em águas residuais.

## METODOLOGIA

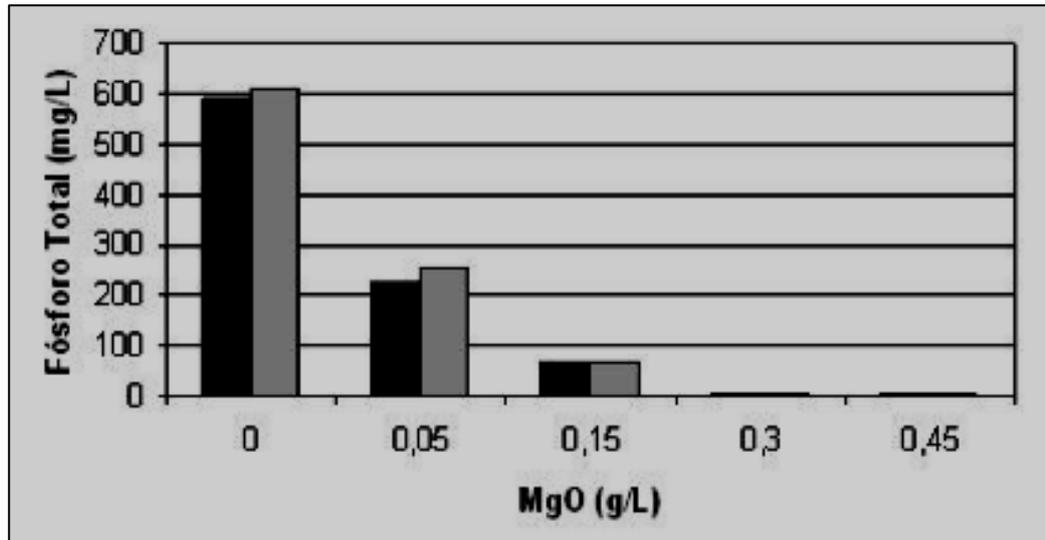
Na literatura consultada foi possível observar os variados métodos de aplicação da urina e as formas de usa-la mediante precipitação de estruvita, por exemplo. A técnica utilizada para a precipitação de estruvita pode ser realizada na urina de acordo com a metodologia aplicada em casos particulares, o que normalmente ocorre por meio da adição de óxido de magnésio na urina estocada.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Autores como Cardinali et al. (2009), obtiveram uma remoção média de fósforo de 99,2% utilizando-se uma dosagem de 0,30g/L de Mg. A remoção de amônia foi pouco expressiva, cerca de 3% apenas, em detrimento do excesso de amônia na urina.

A quantidade de fósforo removida da urina por precipitação da estruvita foi realizada em 2 testes, aumentando-se a dosagem de óxido de magnésio (0,05 – 0,15 – 0,30 – 0,45 g/L de MgO) como mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Testes de remoção de fósforo da urina por meio da precipitação de estruvita em urina humana.



Fonte: CARDINALI *et al.* (2009).

Um das possíveis alternativas para utilização de nutrientes da urina em escala real no Brasil, seria a aplicação direta da urina após acondicionamento adequado em hortas de pequeno porte em áreas urbanas, e em sistemas de agricultura familiar, assim como aplicado em países como a África Ocidental. Outra sugestão compreende o uso da estruvita como alternativa de aproveitamento da urina na forma de resíduo seco, facilitando desse modo o armazenamento do subproduto.

A utilização em larga escala depende de planejamento adequado quanto a coleta e estocagem a serem feitas, bem como às etapas de processamento, comercialização e disposição em áreas agrícolas, como mostrado na figura 3.

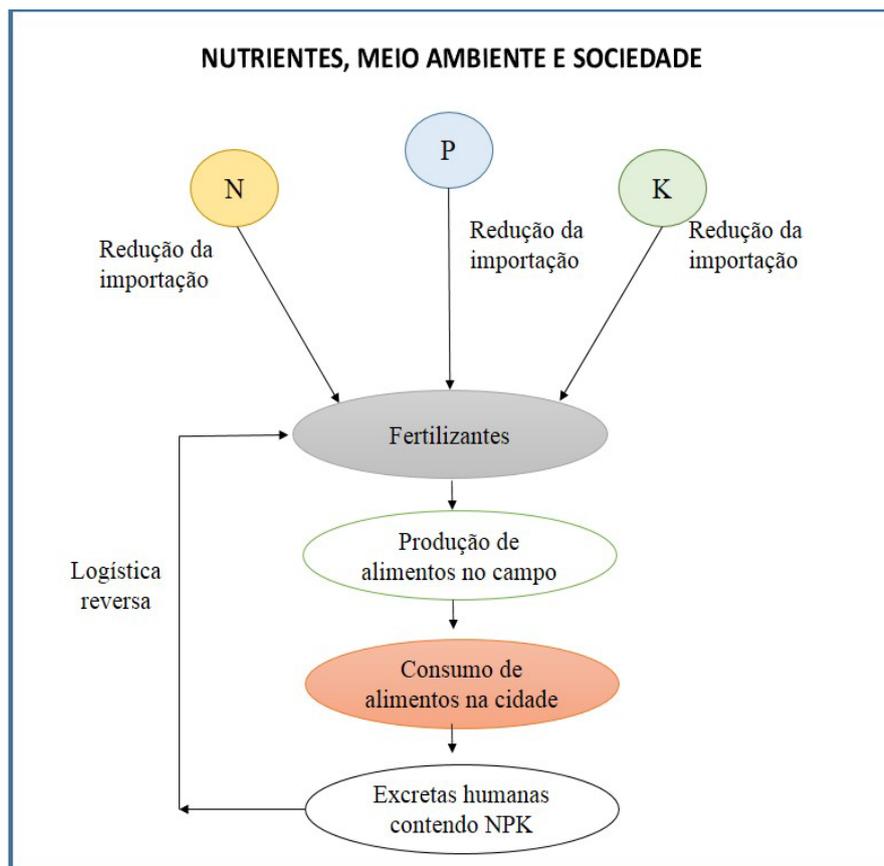


Figura 3 - Esquema representativo da reciclagem de nutrientes presentes na urina humana por meio da logística reversa.  
Fonte: Adaptado de LOURO (2012).

## CONCLUSÃO

A aplicação da urina humana como fertilizante agrícola já ocorre em diversos países, no entanto no Brasil a realidade é outra. O apoio governamental se faz necessário tendo em vista a aplicabilidade de pesquisas que tratam da temática em questão e que comprovam a viabilidade do uso da urina humana em culturas agrícolas na forma pura ou na formação de subprodutos como a estruvita.

Embora condicionadas a estruturas físicas de segregação adequada à coleta da urina e estudos mais aprofundados acerca da aplicabilidade em larga escala, é possível perceber a importância do reaproveitamento de nutrientes face a exploração excessiva de rochas fosfatas e a conseqüente escassez, o que resulta em agravos ao cenário atual da produção de insumos agrícolas, sendo imprescindível aprimorar procedimentos de reutilização de efluentes afim de suprir uma demanda crescente.

## REFERÊNCIAS

COHEN, B. J.; TAYLOR, J. J. **Memmler's Structure and Function of the Human Body**. 10. ed. Wolters Kluwer, 2012.

CARDINALI, C. R.; ZANCHETA, P.G.; BLANCK, P. L.; REBOUÇAS, T. C.; GONÇALVES, R.F. Estudo da precipitação da estruvita na urina humana visando sua utilização como um fertilizante natural. 49º Congresso de química ambiental – A química e a sustentabilidade. Porto Alegre, 2009.

DE-BASHAN, L. E.; BASHAN, Y. Recent advances in removing phosphorus from wastewater and its future use as fertilizer (1997-2003). **Water Research**, v. 38, n. 19, p. 4222-4246, 2004.

ESREY, S. et al. **Ecological sanitation**. Stockholm: Sida, 1998.

JOHANSSON, M.; JÖNSSON, H.; HÖGLUND, C.; RICHERT STINTZING, A.; RODHE, L. Urine separation – closing the nutrient cycle. Stockholm Water Company. Stockholm, Sweden, 2001. 9 p.

JÖNSSON, H.; RICHERT STINTZING, R.; VINNERAS, B., SALOMON, E. Guidelines on the use of urine and faeces in crop production. EcoSanRes publication. Stockholm Environmental Institution (SEI). 2005. 2. 18 p.

KIRCHMANN, H; PETTERSSON, S. Human urine - chemical composition and fertilizer use efficiency. **Fertilizer Research**, v. 40, p.149-154, 1995.

LOURO, C. A.; VOLSCHAN, I. ÁVILA, G. M. Sustentabilidade ambiental: estudo sobre o aproveitamento de nutrientes da urina humana para fins agrícolas. **Sistemas e Gestão – Revista Eletrônica**, p 440-447, 2012.

OYAMA, C.; ALVES, W. C.; ZANELLA, L. Viabilidade econômica do aproveitamento de nutrientes da urina humana na agricultura familiar produzidos por organizações da economia solidária. In: SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22, 2014, Natal. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 2014. 8 p.