



SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL: ESTUDO SOBRE O APROVEITAMENTO DE NUTRIENTES DA URINA HUMANA PARA FINS AGRÍCOLAS

Cristiana Alves de Lima Louro^a, Isaac Volschan Jr.^a, Giovani Manso Ávila^a

^a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Resumo

Este artigo tem como objetivo discutir experiências de aplicação da urina para fins agrícolas conduzidas em outros países, tais como Suécia, Alemanha, China e África Ocidental. A metodologia do trabalho incluiu a pesquisa bibliográfica sobre a indústria e a produção de fertilizantes no Brasil, a caracterização quali-quantitativa da urina humana, e as diferentes tecnologias de segregação e tratamento da urina para extração de nutrientes. Como resultado, buscou-se demonstrar que esta pode ser também uma solução viável para o Brasil com foco na sustentabilidade ambiental, como forma de redução dos impactos ambientais gerados pela produção de fertilizantes industriais e pelo lançamento de excretas sem tratamento nos corpos hídricos, além de ser também uma alternativa para a escassez das reservas de fósforo que podem impactar futuramente a produção de alimentos.

Palavras-chave: Sustentabilidade Ambiental, Urina Humana, Impactos Ambientais

1. INTRODUÇÃO

Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2008), apenas 43,2% da população brasileira tem acesso a serviços de coleta de esgotos e, destes, somente 34,6% recebem tratamento. O aumento das descargas de nutrientes nos cursos d'água (nitrogênio, fósforo e outros) devido ao lançamento de esgotos sem tratamento, vem contribuindo para processos de eutrofização dos corpos hídricos, trazendo graves consequências tanto para a biota aquática, quanto para o abastecimento de água para usos domésticos e industriais (PASTOR et al., 2008).

A maior parte dos nutrientes da excreta humana se encontra na urina. Um adulto pode produzir cerca de 500 litros de urina por ano contendo 4,0Kg de N, 400g de P e 900g de K (ESREY et al., 1998), e que se encontram na forma ideal para serem aproveitados pelas plantas: o nitrogênio na forma de ureia, o fósforo como ortofosfato e o potássio como íon livre (KIRCHMANN et al., 1995).

Quando lançado em quantidade nos cursos d'água, o fósforo pode ocasionar bloom de algas, reduzindo a penetração de luz e afetando o desenvolvimento dos organismos aeróbios (BRIAN et al., 2005; VONSPERLING, 2005; SHU et al., 2006). Entretanto, o fósforo é um nutriente essencial e limitante para as plantas, pois se apresenta

em pequenas quantidades no solo, tornando-o pouco disponível. Devido a este fato, muitos agricultores utilizam fertilizantes à base de fosfato para aumentar o rendimento da cultura, induzindo o desenvolvimento global da indústria de mineração de rochas sedimentares ricas em fosfato (VON SPERLING, 2005; GILBERT, 2009).

As reservas conhecidas de rochas ricas em fosfato são limitadas e seu ciclo de reposição pela natureza é extremamente lento, levando alguns pesquisadores a preverem que, de acordo com o atual consumo de fosfato, principalmente pelo setor de fertilizantes, haverá uma escassez de tais reservas num período de aproximadamente 100 anos, causando abalos na estrutura de produção de alimentos (DRIVER et al., 1999; GILBERT, 2009).

Outro problema ambiental relacionado à produção de fertilizantes refere-se ao Nitrogênio. Estudos recentes indicam que a produção agrícola é um dos grandes responsáveis pelo crescente aumento do nitrogênio reativo, contribuindo para as mudanças climáticas. (NASCIMENTO, 2010)

Diante desta situação, muitos países já vêm utilizando os nutrientes da urina para fins agrícolas, como por exemplo: Suécia, Alemanha, China e África Ocidental.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido em duas etapas. A primeira foi baseada em pesquisa bibliográfica sobre a



indústria e a produção de fertilizantes no Brasil, a caracterização quali-quantitativa da urina humana, e as diferentes tecnologias de segregação e tratamento da urina para extração de nutrientes. A segunda etapa consistiu na identificação de estudos de caso sobre a utilização da urina na Suécia, Alemanha, China e África Ocidental.

3. PRODUÇÃO E CONSUMO DE FERTILIZANTES NO BRASIL

De acordo com a Associação Nacional para Difusão de Adubos – ANDA – em 2010, o consumo de fertilizantes no Brasil ultrapassou 20.000.000 toneladas, representando um crescimento da ordem de 7% em relação ao ano anterior.

Para a fabricação de fertilizantes, são utilizados nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), entre outros elementos, porém, a produção nacional não é suficiente para suprir a demanda, havendo necessidade de importação, como mostra a figura 1 seguinte (ANDA, 2007).

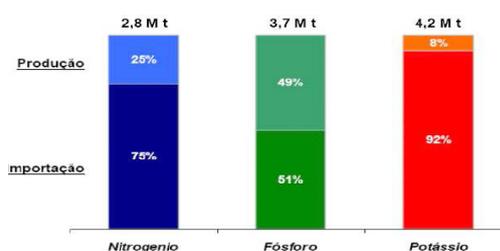


Figura 1: Percentual de produção nacional e de importação de nitrogênio, fósforo e potássio

Fonte: ANDA (2007)

4. CARACTERÍSTICAS QUALI-QUANTITATIVAS DA URINA HUMANA

A maior parte dos nutrientes das excretas humanas se encontra na urina. Um adulto pode produzir cerca de 500 litros de urina por ano, que, por sua vez, contém 4,0Kg de N, 400g de P e 900g de K (ESREY et al., 1998), e que se encontram na forma ideal para serem aproveitados pelas plantas: o nitrogênio na forma de ureia, o fósforo como ortofosfato e o potássio como íon livre (KIRCHMANN et al., 1995).

O volume médio de urina gerado diariamente por uma pessoa adulta é de aproximadamente 1,5 L, conforme apresentado na Tabela 1.

A urina representa menos de 1% do volume de esgoto sanitário (JOHANSSON et al, 2000), mas contém a maior parte dos nutrientes que são essenciais à agricultura (N, P, K), em quantidades bastante adequadas. Em geral, a urina contribui com 80% do nitrogênio, 50% do fósforo e 90% do potássio da carga de nutrientes que chega a uma estação de tratamento de esgoto convencional, segundo LARSEN et al (2001).

Tabela 1: Volume de produção diária de urina por pessoa adulta

Pesquisadores	Volume médio	Volume mínimo	Volume máximo
Raunch et al (2003)	1,50 L	1,00 L	2,50 L
Fittscher & Hermann (1998)	1,57 L	0,69 L	2,50 L

O volume de excrementos e a quantidade de nutrientes contidas nas fezes e na urina variam conforme características regionais e culturais de uma população, mas um valor referencial é que um ser humano adulto produz cerca de 500L de urina e 50L de fezes por ano, contendo a carga de nutrientes apresentada na Tabela 2 (NOUR, 2006):

Tabela 2 – Carga de nutrientes da urina humana produzida por uma pessoa por ano

Nutrientes (Kg)	Urina	Fezes	Total
Nitrogênio	5,6	0,09	5,7
Fósforo	0,4	0,19	0,6
Potássio	1,0	0,17	1,2

Fonte: NOUR, (2006)

Do ponto de vista qualitativo, a urina humana é uma solução de água contendo altas concentrações de sais e nutrientes. O cloreto de sódio (NaCl) e a ureia [CO(NH₂)₂] são os principais, mas também estão presentes o potássio (K), o cálcio (Ca), os sulfatos (SO₄) e o fósforo, que se encontra disponível como fosfatos (H₂PO₄⁻ ou HPO₄²⁻) e o potássio com um componente iônico (K⁺) (NOUR, 2006).

Quando utilizados como fertilizantes para as plantas, a disponibilidade dos nutrientes contidos na matéria fecal é menor e mais lenta do que os presentes na urina. Além disso, a maior carga de organismos patogênicos se encontra nas fezes (bactérias, vírus, protozoários e helmintos). Vários tipos de bactérias podem causar infecções do trato urinário, mas a transmissão via meio ambiente é tida como pouco provável (NOUR, 2006).

5. POSSIBILIDADES DE SEGREGAÇÃO DA URINA NA FONTE

A segregação da urina pode ser realizada por meio de mictórios (masculinos e femininos) ou de vasos



sanitários separadores, que possuem em seu interior um compartimento para coleta de urina (JOHANSSON et al, 2000) separado das fezes. As fezes são destinadas para tratamento de esgotos e a urina é captada em tubulação específica e armazenada em tanques. Normalmente a água para descarga é utilizada apenas no compartimento destinado às fezes. Caso não utilizem água para afastamento das excretas, são sanitários secos de câmara dupla. De ambas as formas, há redução do consumo de água.

Os vasos sanitários separadores experimentam aceitação crescente (LIND et al, 2001) e vêm sendo utilizados em vários países, como por exemplo: Suécia, Alemanha, China, México e África Ocidental.

6. TÉCNICAS DE TRATAMENTO E EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES DA URINA HUMANA

Diversas técnicas têm sido estudadas para tratamento e extração de nutrientes da urina objetivando sua reciclagem na agricultura, tais como:

- estocagem da urina em recipiente fechado;
- evaporação da urina;
- precipitação da estruvita;
- congelamento-descongelamento da urina.

6.1. Técnica de estocagem da urina

Diversas pesquisas apontam para a eliminação da presença de bactérias patogênicas apenas com armazenamento superior a 30 dias. Este processo ocorre em função da elevação do pH, que ocorre com a hidrólise da ureia na presença da enzima urease. Para evitar a perda de nitrogênio pela vaporização da amônia, o armazenamento deve ser em recipiente fechado. (KIPERSTOK, 2010)

A urina por si só não é um meio comum de transmissão de doenças. Existem riscos se as fezes, que provavelmente contém patógenos, contaminarem a urina. Se isto ocorrer, o número de patógenos pode ser reduzido através do armazenamento da urina. O pH elevado (por volta de 9), o conteúdo de amônia e a temperatura afetará o decaimento dos patógenos. As orientações para o uso da urina em sistemas de larga escala são baseadas em combinações de armazenamento e restrições de uso, enquanto que em nível residencial é considerado aceitável aplicar urina sem armazenamento prévio, desde que transcorra um mês entre a fertilização e colheita dos cultivos que serão consumidos crus, conforme recomendações desenvolvidas pelo Instituto Sueco de Controle de Doenças Infecciosas e adotados pela EPA Sueca, exposto na tabela 3. (ECOSANRES, 2006)

Tabela 3: Legislação Sueca proposta em relação ao uso agrícola da urina coletada em conjuntos habitacionais

Temperatura de estocagem (°C)	Tempo de estocagem	Cultivos permitidos
4	1 mês	Cultivos alimentícios que serão processados
4	6 meses	Cultivos alimentícios que serão processados e cultivos de forragem
20	1 mês	Cultivos alimentícios que serão processados e cultivos de forragem
20	6 meses	Todos os cultivos alimentícios e os cultivos de forragem, áreas de parque
---	1 ano	Todos os cultivos alimentícios e os cultivos de forragem, áreas de parque

Fonte: EPA Sueca, (2002) Apud ECOSANRES, (2006)

6.2. Técnica de evaporação da urina

A evaporação da urina visa à redução de volume e concentração de nutrientes, de modo a facilitar o transporte e armazenamento. Pesquisas brasileiras mostraram que é possível evaporar a urina utilizando a energia solar como única fonte de calor, havendo a necessidade de adicionar ácido sulfúrico para evitar a perda de amônia por volatilização. Os resultados evidenciaram uma redução de aproximadamente 95% de volume, como demonstrado na Figura 2, e altas concentrações de nutrientes, conforme Tabela 4. (ZANCHETA, 2007)

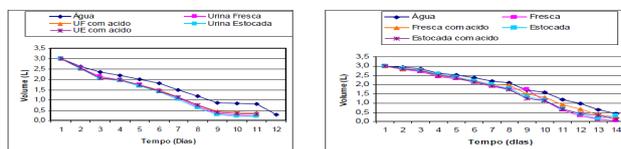


Figura 2 – Redução diária de volume durante a evaporação em dois testes realizados na UFES

Fonte: ZANCHETA, (2007)

No aspecto microbiológico, foi identificada presença de coliformes termotolerantes na urina fresca com uma potência igual ou superior a 10^7 , sendo que após total evaporação da urina foi praticamente nulo em virtude do aumento do pH – causado pelo aumento na concentração de amônia e também pela redução do pH na urina acidificada



no início do experimento. Por essa mesma razão, a urina estocada é considerada livre de patógenos (ZANCHETA, 2007).

Tabela 4: Concentração de nutrientes do resíduo produzido no processo de evaporação

Amostras	Concentração em g/Kg					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Fresca 1	4.40	1.32	4.28	0.50	0.15	1.55
Fresca 2	3.50	0.70	4.06	0.11	0.05	1.00
Fresca Ácida 1	8.60	1.20	8.80	0.59	0.16	3.35
Fresca Ácida 2	13.00	0.56	4.07	0.10	0.03	3.64
Estocada 1	2.60	1.28	9.00	0.60	0.13	1.38
Estocada 2	6.30	0.70	6.27	0.11	0.04	1.43
Estocada Ácida 1	6.30	0.85	6.45	0.23	0.10	4.20
Estocada Ácida 2	11.00	0.68	5.43	0.19	0.70	3.53

Fonte: ZANCHETA, (2007)

6.3. Técnica de precipitação da estruvita

Esta técnica visa à concentração dos nutrientes da urina na forma de cristais de estruvita que se formam adicionando-se óxido de magnésio na urina estocada. Em pesquisas brasileiras (CARDINALI Et AL. 2009), foi conseguida uma remoção média de fósforo de 99,2% utilizando-se uma dosagem de 0,30g/L de Mg. A remoção de amônia foi pouco significativa, cerca de 3% apenas, em virtude do excesso de amônia na urina.

A Figura 3 representa a quantidade de fósforo removida da urina por precipitação da estruvita em 2 testes realizados, aumentando-se a dosagem de óxido de magnésio (0,05 – 0,15 – 0,30 – 0,45 g/L de MgO).

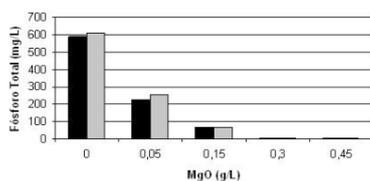


Figura 3: Testes de remoção de fósforo da urina por meio da precipitação da estruvita utilizando-se diferentes dosagens de óxido de magnésio

Fonte: CARDINALI ET AL. (2009)

Entretanto, o sólido obtido apresentou teores de N, P e Mg, além de Ca e K, compatíveis com os encontrados em fertilizantes industriais, conforme Tabela 5.

Tabela 5: Concentração de nutrientes obtidos na estruvita em comparação com os teores existentes em 3 tipos de fertilizantes industriais

Nutrientes	Concentração em %			
	Estruvita	MAP	DAP	Nitrato de amônia e cálcio
Nitrogênio (N)	19	9	16	20
Fósforo (P)	18	48	45	0
Potássio (K)	0	0	0	0
Cálcio (Ca)	2	0	0	2 a 8
Magnésio (Mg)	17	0	0	1 a 5

Fonte: Adaptado de CARDINALI ET AL. (2009)

6.4. Técnica de congelamento-descongelamento

Esta técnica visa à concentração de nutrientes da urina em um volume reduzido de líquido. Em pesquisas realizadas para aplicação na Estação brasileira na Antártica (REBOUÇAS, 2009), a urina previamente estocada por 6 meses foi congelada a -22°C durante 10 horas e depois foi descongelada gota a gota. Os resultados mostraram um rendimento satisfatório, na medida em que aproximadamente 70% dos nutrientes se concentraram em 30% do volume inicial devido à alta condutividade elétrica no início do descongelamento, apresentando altos teores de nitrogênio e fósforo, conforme Figura 4.

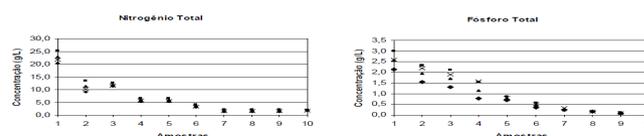


Figura 4: Concentração de Nitrogênio e Fósforo nas amostras descongeladas

Fonte: REBOUÇAS, (2009)

7. UTILIZAÇÃO DA URINA PARA FINS AGRÍCOLAS EM OUTROS PAÍSES

Embora diversas técnicas estejam sendo pesquisadas, a de estocagem da urina em recipiente fechado é a que já está sendo utilizada em diversos países.

Na Suécia, já é comum a instalação de vasos sanitários com dispositivos separadores para reaproveitamento dos nutrientes da urina. Por este motivo, o país dispõe



de recomendações específicas para a utilização da urina coletada em conjuntos habitacionais, que determina o tempo e a temperatura de estocagem da urina, conforme apresentado anteriormente na Tabela 3.

Segundo ECOSANRES (2006), desde a metade dos anos 90, pelo menos 135.000 sanitários separadores de urina já foram instalados em diferentes locais da Suécia.

A Figura 5 mostra a aplicação da urina em larga escala na Suécia, utilizando equipamentos mecanizados.



Figura 5: Aplicação da urina em larga escala

Fonte: ECOSANRES, (2006)

A segregação da urina para utilização de nutrientes também ocorre em outros países, tais como África do Sul (Figura 6), China (Figura 7) e Alemanha (Figura 8).

Na África Ocidental, o Centre Régional d'Eau Potable at Assainissement – CREPA – realizou estudos sobre fertilização de solos com urina em 7 países. Depois de 2 anos de demonstrações, a urina passou a ser de fato utilizada em regiões carentes que praticam agricultura familiar ou de subsistência. Em Anagbo, Benín, chegaram a ser registrados casos de furto de urina (ECOSANRES, 2006). Em janeiro/2010, o CREPA iniciou um projeto em Burkina Faso sobre redução da insegurança alimentar pelo uso de excretas humanas higienizadas (urina e fezes) como fertilizantes. Este projeto ainda está em andamento e tem previsão de término em outubro/2011. (<http://www.reseaucrepa.org/page/2679>).

Na China, o governo apresentou grande preocupação com o saneamento em áreas rurais e em 1998 implementou um projeto piloto de sanitários secos com separação de urina. Originalmente, o projeto cobria 70 casas, porém, em 2003, já haviam sido instalados 685.000 sanitários separadores de urina em 17 províncias.

Na Alemanha, existem projetos para instalação de sanitários separadores e mictórios em edifícios comerciais. No escritório principal da Cooperação Técnica Alemã (Figura 9), por exemplo, estudos indicaram vários benefícios ambientais, tais como uma redução de 900m³ de água por ano.



Figura 6: Sanitário com separação de urina em Burkina Faso, na África

Fonte: ECOSANRES, (2006)



Figura 7: Sanitário seco de câmara dupla para separação de urina e fezes utilizado em Nanning Guangxi, na China – zona rural

Fonte: ECOSANRES, (2006)



Figura 8: Mictório sem descarga de água e Sanitário com separação de urina em prédio de escritórios na cidade de Eschborn, Alemanha

Fonte: ECOSANRES, (2006)



8. VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DOS NUTRIENTES DA URINA HUMANA NO BRASIL

Uma possibilidade inicial de utilização dos nutrientes da urina humana no Brasil seria a aplicação direta da urina após estocagem em pequenas hortas urbanas e sistemas de agricultura familiar de subsistência, como visto no exemplo da África Ocidental.

Para uso em larga escala, é preciso formular a logística de armazenamento e coleta nas cidades, assim como o processamento, comercialização e entrega para as áreas agrícolas. Pode-se visualizar a questão como um caso de logística reversa, conforme proposto na Figura 9.

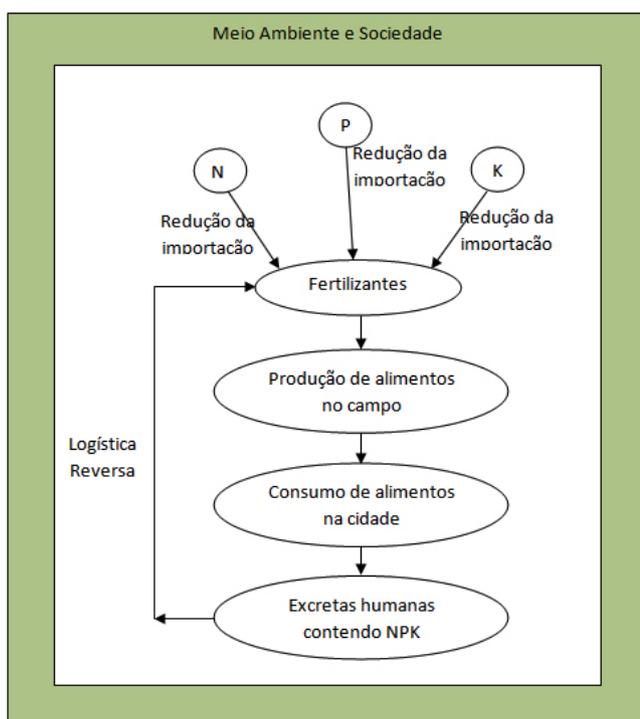


Figura 9: Reciclagem de nutrientes da urina humana por meio da logística reversa

Para viabilizar a estocagem da urina na área urbana e seu retorno ao campo, para uso em larga escala, uma iniciativa interessante seria dar incentivos fiscais (redução de IPTU ou redução da tarifa do serviço de esgotamento sanitário, por exemplo) para que novos empreendimentos residenciais ou comerciais já fossem construídos com o sistema sanitário preparado para a segregação e estocagem da urina. Isto funcionaria muito bem em áreas que estejam em franca expansão urbana com muitos prédios em construção, como é o caso da Barra da Tijuca no Rio de Janeiro, por exemplo, devido à necessidade de garantir volume suficiente de urina concentrado espacialmente, para facilitar a coleta.

As Estações de tratamento de esgoto (ETE) poderiam se responsabilizar pela coleta da urina por caminhão vácuo e estocagem com controle de tempo e temperatura, de modo a garantir a estabilização da urina, que poderia ser

vendida para produtores rurais ou mesmo para indústrias de fertilizantes, como insumo. Desta forma, a ETE poderia dosar a quantidade de urina no processo de tratamento de esgoto, tendo em vista que uma grande redução de amônia pode impactar na eficiência do processo. Por outro lado, pode-se inferir que a separação da urina pode reduzir o consumo de energia necessário para o tratamento do efluente sanitário em nível terciário (nitrificação e desnitrificação), além de gerar receita pela comercialização da urina.

9. CONCLUSÃO

A segregação da urina na fonte e a utilização dos seus nutrientes na agricultura já é uma realidade em outros países, mas a sua implantação no Brasil necessita de apoio governamental para conquistar a aceitação pública.

É preciso perceber que, embora ainda existam empecilhos, tais como substituição de aparelhos sanitários e adequação das instalações intradomiciliares, além de muitos estudos a serem realizados, a reciclagem de nutrientes da urina para fins agrícolas é uma boa alternativa para solucionar o problema da escassez de rochas ricas em fosfatos, que futuramente pode gerar impactos na fabricação de fertilizantes e na produção de alimentos. Além disso, também é uma boa solução para o impacto do lançamento de efluentes sem tratamento nos corpos hídricos, tendo em vista que o setor de saneamento na área de esgotos ainda precisa de muitos investimentos econômicos para atender a toda população brasileira. A questão da redução do consumo de água com uso de sanitários separadores e mictórios também é um ponto positivo diante da preocupação mundial com a escassez dos recursos hídricos. Outro aspecto positivo é a possibilidade de reduzir a dependência brasileira de importação de insumos para a indústria nacional de fertilizantes.

É evidente que as hipóteses levantadas para uso em larga escala no Brasil precisam ser melhor estudadas sob o ponto de vista técnico e econômico, mas é fato que a reciclagem de nutrientes da urina pode sair da utopia e se tornar realidade, com vistas à sustentabilidade ambiental.

10. REFERÊNCIAS:

ANDA- Associação Nacional para Difusão de Adubos. **Principais Indicadores do Setor de Fertilizantes**, 2007. http://www.anda.org.br/estatisticas_2007.pdf consultado em 18 de abril de 2011.

ANDA- Associação Nacional para Difusão de Adubos. **Principais Indicadores do Setor de Fertilizantes**, 2010. <http://www.anda.org.br/Principais-Indicadores-2010-Det.pdf>, consultado em 18 de abril de 2011.

BRIAN, E. L.; PETER, J. B.; MARK, M. L.; DIANE, S. L.; BRADLEY, J. B.; CONSTANCE, G. **Macroalgal blooms on**



southeast Florida coral reefs. I. Nutrient stoichiometry of the invasive green algae *Codium isthmocladum* in the wider Caribbean indicates nutrient enrichment, *Harmful Algae* 4 (2005), pp.1092–1105.

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 Brasileiro de Química. 04 a 08 de Outubro de 2009. Porto Alegre/RS.

DRIVER, J.; LIJMBACH, D.; STEEN, I. Why recover phosphorus for recycling, and how? *Environ. Technol.* Vol.20, 1999, pp.651–662.

ECOSANRES. **Separação de urina: um passo em direção ao saneamento sustentável.** Estocolmo /Suécia, 2006.

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

JOHANSSON, M.; JÖNSSON, H.; HÖGLUND, C.; RICHERT-STINTZING, A.; RODHE, L. **Urine separation: closing the nutrient cycle.** Stockholm Vatten, Stockholmshem. Estocolmo. 2000.

GILBERT, N. The Disappearing Nutrient. *Nature* 461, pp.716-718 (7 Out 2009).

KIPERSTOK, A.; NASCIMENTO, F.R.A.; KIPERSTOK, A.C. O tratamento em separado da urina e das fezes é uma solução viável ou uma utopia? In: *Revista DAE.* Maio/2010, pp. 38 a 43.

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

LARSEN, T. A.; PETERS, I.; ALDER, A.; EGGEN, R.; MAUREN, M.; MUNCKE, J. Re-engineering the toilet for sustainable wastewater management. *Environmental science technologies,* Suíça, v. 35, n. 9, pp. 192-197, 2001.

LIND, B.; BAN, Z.; BYDÉN, S. Volume reduction and concentration of nutrients in human urine. *Ecological Engineering,* Suécia, v. 16, n. 4, pp. 561-566, 2001.

NASCIMENTO, F.R.A.; KIPERSTOK, A.; BARDUKE, T. **Ganhos ambientais e mudanças no ciclo do nitrogênio a partir da separação da urina humana do sistema de saneamento.** I Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental. 11 a 16 de julho de 2010 – Salvador / BA.

NOUR, E.A.A.; PHILLIPPI, L.S.; ROSTON, D.M.; ZANELLA, L.; GONÇALVES, R.S. Gerenciamento de águas negras e amarelas. In: **Tecnologias de segregação e tratamento de esgotos domésticos na origem, visando a redução do consumo de água e da infra-estrutura de coleta, especialmente nas periferias urbanas.** PROSAB. Rio de Janeiro. 2006, pp. 223 a 266.

PASTOR, L.; MANGIN, D.; BARAT, R.; SECO, A. A pilot-scale study of struvite precipitation in a stirred tank reactor: conditions influencing the process, *Bioresour. Technol.* 99 (2008), pp. 6285–6291.

REBOUÇAS, C. C. et al. **Redução do volume e recuperação de nutrientes da urina humana através de congelamento e precipitação;** 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental 20 a 25 de setembro de 2009 - Recife/ PE

SHU, L.; SCHNEIDER, P.; JEGATHEESAN, V.; JOHNSON, J. An economic evaluation of phosphorus recovery as struvite from digester supernatant, *Bioresour. Technol.* 97 (2006), pp. 2211–2216.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos,** 2008.

<http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRErterterTERTer=85>, consultado em 15/04/2011.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 1. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. 3a ed., 2005.

ZANCHETA, P.G. et al. **Estudo da evaporação da urina humana como método da redução de volume e concentração de nutrientes como fertilizante.** 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 02 a 07 de setembro de 2007 - Belo Horizonte/MG

<http://www.gaiamovement.org/TextPage.asp?TxtID=349&SubMenuID=138&Menu>, consultado em 01/09/2010.



ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY: STUDY ON THE DEVELOPMENT OF HUMAN URINE FOR AGRICULTURAL PURPOSES

Abstract

This article aims to discuss experiences of application of urine for agricultural purposes conducted in other countries such as Sweden, Germany, China and West Africa. The methodology of the study included a literature search on the industry and the production of fertilizers in Brazil, the qualitative and quantitative characterization of human urine, and different technologies of segregation and treatment of urine to extract nutrients. As a result, we sought to demonstrate that it can also be a viable solution to Brazil with a focus on environmental sustainability as a way of reducing the environmental impacts caused by industrial production of fertilizer and the release of untreated excreta in water bodies, and also be an alternative to the shortage of reserves of phosphorus that may impact future food production.

Keywords: Environmental Sustainability, Human Urine, Environmental Impacts
