

UNIVERSIDADE CATÓLICA DOM BOSCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM CIÊNCIAS  
AMBIENTAIS E SUSTENTABILIDADE AGROPECUÁRIA

## **Caracterização e avaliação da urina humana para uso agrícola**

Autora: Isadora Godoy Brandão  
Orientador: Dr. Denilson de Oliveira Guilherme  
Coorientador: Dr. Fernando Jorge Corrêa Magalhães Filho

Campo Grande  
Mato Grosso do Sul  
Agosto de 2020

UNIVERSIDADE CATÓLICA DOM BOSCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM CIÊNCIAS  
AMBIENTAIS E SUSTENTABILIDADE AGROPECUÁRIA

**Caracterização e avaliação da urina humana para uso agrícola**

Autora: Isadora Godoy Brandão  
Orientador: Dr. Denilson de Oliveira Guilherme  
Coorientador: Dr. Fernando Jorge Corrêa Magalhães Filho

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E SUSTENTABILIDADE AGROPECUÁRIA, no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária da Universidade Católica Dom Bosco - Área de concentração: "Sustentabilidade Ambiental e Produtiva" Aplicada ao "Agronegócio e Produção Sustentável".

Campo Grande  
Mato Grosso do Sul  
Agosto de 2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Universidade Católica Dom Bosco  
Bibliotecária Mourâmise de Moura Viana - CRB-1 3360

B817c Brandão, Isadora Godoy

Caracterização e avaliação da urina humana para reuso agrícola/ Isadora Godoy Brandão, sob orientação do profº Dr. Denilson de Oliveira Guilherme e coorientação do Profº Dr. Fernando Jorge Corrêa Magalhães Filho.  
-- Campo Grande, MS : 2020.  
97 p.: il.;

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária) - Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande-MS, Ano 2020

Bibliografia: p. 86 - 97

1. Sustentabilidade agropecuária. 2. Biofertilizantes.  
3. Agropecuária - Tecnologias I. Guilherme, Denilson de Oliveira. II. Magalhães Filho, Fernando Jorge Corrêa.  
III. Título.

CDD: Ed. 21 -- 631.86



UNIVERSIDADE CATÓLICA DOM BOSCO  
*Inspira o futuro.*

## **Efeito da Urina Humana na Produção Agrícola**

**Autora:** Isadora Godoy Brandão

**Orientador:** Prof. Dr. Denilson de Oliveira Guilherme

**Coorientador:** Prof. Dr. Fernando Jorge Corrêa Magalhães Filho

**TITULAÇÃO:** Mestre em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária

**Área de Concentração:** Sustentabilidade Ambiental e Produtiva

APROVADA em 07 de agosto de 2020.

---

Prof. Dr. Denilson de Oliveira Guilherme - UCDB

Prof. Dr. Fernando Jorge Corrêa Magalhães Filho – UCDB

Prof. Dr. Ludovico Migliolo – UCDB

Prof. Dr. Guilherme Henrique Cavazzana – UCDB

Prof. Dr. Lucas Castro Torres - UCDB

## AGRADECIMENTO

Primeiramente agradeço a Deus por toda a benção e auxílio espiritual, além do acalento e calma de espírito nos momentos mais difíceis de dúvidas, aflições, medo e decepções e os demais sentimentos que só o senhor sabe que passei e pensei, principalmente no final da minha árdua caminhada para a conclusão deste mestrado.

Agraço principalmente aos meus pais, Osmildo Brandão Pereira e Sandra Maria Godoy que sempre estiveram do meu lado em todos os momentos, dando suporte, carinho, paciência e atenção nos meus períodos de crise, introspectividade e ausência durante os estudos, as noites mal dormidas e as companhias ao médico. Além das minhas irmãs e dos demais familiares que sempre me encorajaram a seguir este caminho e me deram força para chegar até aqui.

Agradeço muito o apoio dos meus amigos que sempre estenderam a mão a mim sem pestanejar e doaram seu tempo e dedicação para me ajudar de alguma forma nesta etapa importante da minha vida, em especial ao Alexandre Atalla, Armando Neto, Beatriz S. Machado, Igor Felipe, Juliane Gonçalves, Matheus Tavares, Milina Oliveira, Sergio Amorim, Sheyla Barcelos, Thiago Moraes, Vinicius Bispo. Sempre serei eternamente grata pela amizade e parceria de vocês. Além dos demais que me ajudaram doando a urina utilizada fundamental para a execução desta dissertação.

Agradeço a minha Psicóloga e Psiquiatra que me auxiliam a passar por esse processo e me fortalecer psicologicamente, auxiliando a enfrentar a ansiedade e essa fase que foi tão difícil e desafiadora da minha vida!

Agradeço muito a todo o suporte dado pelos meus professores doutores do mestrado, minha banca de qualificação e defesa e em especial aos meus orientadores Denilson de Oliveira Guilherme e Fernando Jorge Correa Magalhães Filho pelo apoio, suporte, paciência, ensinamento e principalmente compreensão sendo muitas vezes mais que professores, amigos para todas os momentos!! Serei eternamente grata e nunca esquecerei de todo o suporte prestado.

Agradeço a CAPES pela concessão da bolsa durante os dois anos de mestrado e ao programa de pós-graduação, coordenadores e secretária, Daiane, por todo o suporte e auxílio durante esses dois anos de mestrado.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	13
ABSTRACT .....	14
1. INTRODUÇÃO .....	13
2. OBJETIVOS .....	15
2.1. Objetivo Geral .....	15
2.2. Objetivos Específicos.....	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	16
3.1. Saneamento focado em recursos.....	16
3.2. Urina Humana: Conceito, geração e caracterização.....	17
3.2.1. Técnicas de separação da urina.....	17
3.2.2. Características Qualitativas da Urina .....	18
3.2.3. Alternativas de tratamento e recuperação de nutrientes.....	20
3.3. Utilização de águas residuais na agricultura.....	24
3.3.1. Utilização e Aplicação da urina humana.....	25
3.4. Legislação para reuso na agricultura.....	29
3.4. Práticas agrícolas.....	30
3.5. Alface como planta indicadora .....	31
3.5.1. Exigências nutricionais.....	32
4. MATERIAIS E MÉTODOS .....	34
4.1. Área de estudo .....	34
4.2. Aparato experimental .....	34
4.3. Coleta e preparação da urina .....	36
4.4. Caracterização da urina humana.....	37
4.5. Análises físico-químicas .....	38
4.5.1. Delineamento estatístico para condução da caracterização da urina.....	38
4.6. Produção agronômica.....	39
4.6.1. Preparo do experimento .....	39
4.6.2. Cálculo da demanda de urina e aplicação .....	40
4.6.3. Análise de Crescimento Agronômico.....	41
4.6.4. Análises de nutrientes .....	41
4.6.5. Análise dos dados .....	42

5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	43
5.1.	Caracterização da urina humana .....	43
5.1.1.	Dados para posterior reuso da urina humana .....	64
5.2.	Produção agrônômica.....	65
5.2.1.	Avaliações Agrônômicas.....	66
5.2.2.	Capacidade de absorção dos macro e micronutrientes. ..	77
6.	CONCLUSÕES .....	82
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	84

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APHA	American Public Health Association
AFC	Adulto Feminino Claro
AFE	Adulto Feminino Escuro
AMC	Adulto Masculino Claro
AME	Adulto Masculino Escuro
<i>E.coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
ETE	Estações De Tratamento De Esgoto
EU	União Européia
JFC	Jovem Feminino Claro
JFE	Jovem Feminino Escuro
JMC	Jovem Masculino Claro
JME	Jovem Masculino Escuro
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFC	Idoso Feminino Claro
IFE	Idoso Feminino Escuro
IMC	Idoso Masculino Claro
IME	Idoso Masculino Escuro
MO	Matéria orgânica
NTK	Nitrogênio Kjeldahl
NBR	Norma Brasileira
OMS	Organização Mundial da Saúde
UH-C	Urina Humana Claro
UH-E	Urina Humana Escuro
UH-JC	Urina Humana Jovem Claro
UH-JE	Urina Humana Jovem Escuro
UH-AC	Urina Humana Adulto Claro
UH-AE	Urina Humana Adulto Escuro
UH-IC	Urina Humana Idoso Claro
UH-IE	Urina Humana Idoso Escuro



## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
≤	Menor ou igual
≥	Maior ou igual
°C	Grau Celsius
μm	Micrômetro
[CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> ]	Uréia
As	Arsênio
B	Boro
Br	Branco
Ca	Cálcio
Ce	Condutividade
Cd	Cádmio
cm	Centímetro
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
Cr	Cromo
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
Cu	Cobre
d	Dia
dm	Decímetro
dS.m <sup>-1</sup>	DeciSiemens por metro
Fe	Ferro
g	Gramma
há	Hectare
hg	Mercúrio
K	Potássio
Kg	Quilograma
L	Litro
m	Metro
mg	Miligrama
Mg	Magnésio
ml	Mililitro

Mn	Manganês
Mo	Molibdênio
mS/cm	MiliSiemens por centímetro
N	Nitrogênio
NaCl	Cloreto de sódio
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Íons amônio
NH <sub>4</sub> -N	Nitrogênio Amoniacal
Ni	Níquel
NMP	Número Mais Provável
NMP.100 <sup>-1</sup>	Número mais provável por 100 mililitros
NTK	Nitrogênio Total Kjeldahl
P	Fósforo
Pb	Chumbo
Pd	Padrão
pH	Potencial Hidrogeniônico
S	Sódio
Se	Selênio
SO <sub>4</sub>	Sulfato
Zn	Zinco

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vaso com sistema separador de urina e Fezes. ....	18
Figura 2 - Quantidade de nutrientes da urina no esgoto sanitário.....	20
Figura 3 - Área atual equipada para irrigação por município (2015). ....	24
Figura 4 - Fluxograma das etapas experimentais do projeto.....	34
Figura 5 - Reservatórios para tratamento por armazenamento das amostras de urina em ambiente claro e escuro. ....	Legenda:
a) Reservatório representando ambiente claro; (b) Reservatório representando ambiente escuro... 35	35
Figura 6 - Fluxograma dos reservatórios de urina por tipo de armazenamento, idade e sexo dos voluntários da pesquisa. ....	36
Figura 7 - Delineamento estatístico da produção agrônômica com urina humana.....	40
Figura 8 - Variação da temperatura durante os 180 dias de armazenamento da urina.....	47
Figura 9 - Variação do pH dos tratamentos da urina durante os 180 dias de armazenamento da urina humana. ....	48
Figura 10 - Variação da condutividade dos tratamentos da urina durante os 180 dias de armazenamento. ....	50
Figura 11 - Concentração mensal do N. Amoniacal durante os 180 dias de armazenamento da urina humana. ....	51
Figura 12 - Concentração de Fósforo durante os 180 dias de armazenamento por tipo de tratamento. ....	56
Figura 13 - Análise de correlação entre os parâmetros analisados respectivamente no ambiente claro e escuro. Legenda: circulo azul - correlação significativa positiva; circulo vermelho - correlação significativa negativa; (X) - não houve correlação entre os parâmetros. ....	61
Figura 14 - Gráfico de Componentes Principais dos parâmetros físico-químicos da urina em relação aos tratamentos de Perfil, sexo e ambiente em que foi submetida a urina humana.....	63
Figura 15 - Variação das Temperaturas máximas e mínimas (°C) diárias durante o cultivo da alface crespa. ....	65
Figura 17 - Amostragem de alfaces irrigadas com urina humana e seus devidos tratamentos. ....	67
Figura 18 - Gráfico de Capacidade de Absorção Média de N, P, K, Ca, Mg e S das folhas de alface em mg kg-1 por cultivo de tratamento. ....	78
Figura 19 - Gráfico de Capacidade de Absorção Média de N, P, K, Ca, Mg e S das folhas de alface em mg kg-1 por cultivo de tratamento. ....	78
Figura 20 - Gráfico de Capacidade de Absorção Média de B, Cu, Fe, Zn e Mn das folhas de alface em mg kg-1 por cultivo de tratamento. ....	80

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo das Características dos principais processos de tratamento da urina humana.....	21
Tabela 2 - Considerações preliminares sobre o armazenamento da urina. ....	23
Tabela 3 - Classificação da salinidade da água de reuso baseada na condutividade elétrica. ....	26
Tabela 4- Relação entre as condições de armazenamento, o conteúdo de patógenos da mistura de urina e as recomendações para culturas em sistemas maiores (a). ....	27
Tabela 5 - Principais bibliografias sobre uso de urina humana em culturas alimentícias. ....	28
Tabela 6 - Faixas de nutrientes para a formulação da solução nutritiva para a alface.....	33
Tabela 7 - Concentração dos nutrientes presentes na urina humana, analisando apenas faixa etária, ambiente e sexo. ....	43
Tabela 8 - Variação de temperatura (°C), pH e condutividade elétrica (mS.cm-1) da urina humana, analisando apenas faixa etária, ambiente e sexo. ....	46
Tabela 9 - Dados estatísticos do N. amoniacal durante os 180 dias de armazenamento .....	53
Tabela 10 - Dados estatísticos do Fósforo T. durante os 180 dias de armazenamento. ....	57
Tabela 11 - Caracterização qualitativa da média dos tratamentos da urina humana estocada após 180 dias. ....	65
Tabela 12 – Resultados da parte aérea e raiz da alface crespa. ....	66
Tabela 13 - Concentração de macro e micronutrientes na parte aérea da alface crespa fertirrigado com urina humana nos diferentes tratamentos. ....	69
Tabela 14 - Concentração de macro e micronutrientes da raiz da alface crespa fertirrigado com urina humana nos diferentes tratamentos. ....	71
Tabela 15 - Concentração de macro e micronutrientes do substrato fertirrigado com urina humana.....	73
Tabela 16 - Saturações de Base para solos com doses de urina humana.....	75
Tabela 17 - Parâmetros físicos dos tratamentos utilizados na fertirrigação x Produtividade da alface crespa. ....	76

## RESUMO

O presente trabalho buscou avaliar o uso de urina humana como fonte de nutrientes, uma alternativa aos fertilizantes comerciais para o cultivo de agrônomo. Para realizar essa reutilização foi proposto um tratamento de armazenamento da urina humana, cujo tempo mínimo recomendado foi de 180 dias, a uma temperatura maior ou igual a 20°C. Os recipientes em que se fez o armazenamento foram submetidos a dois ambientes, claro e escuro, a fim de avaliar se haverá alguma alteração no comportamento de solubilização e volatilização que ocorre após a hidrólise da urina e variam conforme temperatura. No ambiente claro, um volume de urina foi exposto em recipiente translúcido que permite a maior passagem de luz e calor e outro em ambiente escuro, em recipiente que bloqueia a incidência de luz e calor. Foram convidadas 35 pessoas para serem voluntários da pesquisa com a doação de urina humana, subdividindo os tratamentos afim de avaliar concomitantemente se o sexo e faixa etária dos voluntários influenciam na concentração da urina uma vez que a composição da mesma tende a mudar conforme sexo, idade, saúde, estilo de vida e hábitos alimentares de cada indivíduo. O delineamento estatístico da urina humana (UH) foi em esquema fatorial 2x3x2 (2 ambientes – claro (C) e escuro (E); 3 faixas etárias – jovem (J), adulto (A) e idoso (I); 2 sexos – feminino (F) e masculino (M)). Para avaliar o comportamento da cultura agrônomo com a reutilização na agricultura após os 180 dias de qualificação e monitoramento da urina humana, foi escolhido a alface crespa (*Lactuca sativa*) com delineamento estatístico em sistema fatorial 2x4 (2 ambientes e 4 perfis de idade, sendo o 4º a misturas dos demais), com 4 repetições, além do branco (cultivado com água) e Padrão (água e adubo químico). Conforme a caracterização da urina e o reuso desta para fertirrigação na cultura de alface foi possível observar que o pH e a condutividade aumentaram como o esperado e se mantiveram estáveis até os 180 dias além das diferenças da concentração de nutrientes entre os voluntários (Jovem, adulto e idoso de sexo masculino e feminino). O melhor tratamento encontrado foi do recipiente escuro com depleção dos nutrientes de aproximadamente 71% e 49% de NH<sub>4</sub>-N e 68% e 70% de fósforo no ambiente claro e escuro. O tratamento do grupo idoso apresentou as maiores concentrações de nutrientes. No tocante ao cultivo da alface, houve diferença estatística entre o padrão e os tratamentos com urina humana, porém o tratamento que proporcionou melhor desenvolvimento e semelhança estatística com o Padrão foram os tratamentos dos idosos em ambos ambientes (UH-IC e UH-IE), que corrobora com os resultados da caracterização da urina. Os tratamentos UH-JC, UH-AC e UH-JE, foram os que apresentaram mais limitações quanto ao desenvolvimento da alface, pois já apresentavam alta toxidez de micronutrientes antes de fazer a aplicação de urina, porém a presença desta proporcionou uma maior acidez ao solo aliado aos valores de condutividade maiores que dos demais tratamentos. Com relação aos atributos químicos do solo os tratamentos proporcionaram pós cultivo um pequeno aumento da concentração de nutrientes. Em relação à absorção de nutrientes, a folha absorveu a maioria dos macros e micronutrientes, com exceção do fósforo e Magnésio, Cobre e Ferro, retidos em grande parte nas raízes da hortaliça. Sendo assim a ordem crescente de absorção nutricional ficou N>K>Zn>B>S>Ca>Mn>Cu>P>Mg>Fe. Contudo, os resultados indicaram que quanto maior concentração de urina aplicada melhor se desenvolveu a hortaliça, se mostrando um subproduto com grande potencial de reutilização, se monitorado de forma correta.

Palavras-chave: 1- Alface; 2-Produção sustentável; 3- Biofertilizante;

## ABSTRACT

The present work sought to evaluate the use of human urine as a source of nutrients, an alternative to commercial fertilizers for the cultivation of agronomic. To carry out this reuse, a treatment treatment for human urine was proposed, whose minimum recommended time was 180 days, at a temperature greater than or equal to 20 ° C. The containers in which they were stored were subjected to two environments, light and dark, in order to assess whether there will be any changes in the behavior of solubilization and volatilization that occurs after hydrolysis of urine and vary according to temperature. In the light environment, a volume of urine was exposed in a translucent container that allows the greatest passage of light and heat and another in a dark environment, in a container that blocks the incidence of light and heat. 35 people were invited to be volunteers of the research with the donation of human urine, subdividing the treatments in order to concomitantly assess whether the sex and age of the volunteers influence the urine concentration since the composition of the urine tends to change according to sex, age, health, lifestyle and eating habits of each individual. The statistical design of human urine (HU) was in a 2x3x2 factorial scheme (2 environments - light (L) and dark (D); 3 age groups - young (Y), adult (A) and elderly (E); 2 sexes - female (F) and male (M)). To assess the behavior of agronomic culture with reuse in agriculture after 180 days of qualification and monitoring of human urine, curly lettuce (*Lactuca sativa*) was chosen with a statistical design in a 2x4 factorial system (2 environments and 4 age profiles, being the 4<sup>th</sup> to mixtures of the others), with 4 repetitions, in addition to the white (grown with water) and Standard (water and chemical fertilizer). According to the characterization of urine and its reuse for fertigation in lettuce culture, it was possible to observe that the pH and conductivity increased as expected and remained stable until 180 days in addition to the differences in the concentration of nutrients among the volunteers (Young, adult and elderly male and female). The best treatment found was the dark container with nutrient depletion of approximately 71% and 49% NH<sub>4</sub>-N and 68% and 70% phosphorus in the light and dark environment. The treatment of the elderly group showed the highest concentrations of nutrients. Regarding the cultivation of lettuce, there was a statistical difference between the standard and the treatments with human urine, however the treatment that provided the best development and statistical similarity with the Standard were the treatments of the elderly in both environments (UH-IC and UH-IE), which corroborates the results of urine characterization. The treatments UH-JC, UH-AC and UH-JE, were the ones that had more limitations regarding the development of lettuce, since they already had high micronutrient toxicity before applying the urine, however the presence of this provided greater acidity to the soil combined with higher conductivity values than other treatments. Regarding the chemical attributes of the soil, the treatments provided a small increase in the concentration of nutrients after cultivation. Regarding the absorption of nutrients, the leaf absorbed most of the macro and micronutrients, with the exception of phosphorus and magnesium, copper and iron, retained largely in the roots of the vegetable. Thus, the increasing order of nutritional absorption was N > K > Zn > B > S > Ca > Mn > Cu > P > Mg > Fe. However, the results indicated that the higher concentration of urine applied, the better the vegetable developed, showing itself a by-product with great potential for reuse, if monitored correctly.

Keywords: 1-Lettuce ; 2-Sustainable production; 3- Biofertilizer.

## 1. INTRODUÇÃO

A nutrição das plantas é um fator determinante no seu desenvolvimento, porém, devido a um largo ritmo de práticas agrícolas contínuas e não planejadas, os nutrientes estão se esgotando no solo. Uma alternativa para solucionar esse problema é a utilização de fertilizantes na agricultura, uma prática comum que além de disponibilizar os nutrientes necessários em larga escala, pode promover consequentemente, um aumento no custo de produção e danos no meio ambiente com os metais pesados contidos, aumento das cargas de nutrientes lançados no solo e que posteriormente são descarregados no corpo hídrico provocando fenômenos como a eutrofização.

Uma alternativa estudada a fim de reduzir a utilização excessiva de fertilizantes é a excreta humana, um recurso com alto potencial de ser reciclado, em vez de desperdiçado nas redes de esgoto (JOHANSSON, 2000). Sua composição está diretamente relacionada com a saúde, estilo de vida e hábitos alimentares de cada indivíduo. O volume excretado de urina também é variável em função do sexo, idade e percentual de gordura corporal do organismo (von MÜNCH, 2009; FEACHEM et al., 1983 apud NIWAGABA, 2007).

Estudos com a utilização da urina humana e sua segregação oferecem uma alternativa de reuso de nutrientes e encerro do ciclo de nutrientes. Apesar da baixa carga volumétrica, com menos de 1% do volume total de águas residuais, a urina humana contém a maior parte da excreção diária de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) com aproximadamente 80%, 50% e 55% das respectivas cargas (Liu et al., 2016; Maurer et al., 2006; Udert e Wächter, 2012; Zhang et al., 2014). Em conjunto, a presença de Cloro, Sódio, Magnésio, Cobre e outros componentes orgânicos e inorgânicos na urina podem ser utilizados para o crescimento da planta (VISKARI et al., 2018).

Sua utilização sem cuidadosa aplicação pode causar volatilização de amônia intrínseca (gás de efeito estufa), aumento da condutividade do solo, salinidade e pH ácido, cujo excesso e manejo inadequado podem ocasionar pouca produtividade ou, falhas nas colheitas (Heinonen-Tanski et al., 2005, Heinonen-Tanski et al., 2007, Villa-Castorena et al., 2003).

Diante disso, para a utilização da urina humana como fertilizante natural com segurança e minimizando o risco de contaminação da produção e transmissão de doenças infecciosas, são necessários processos de tratamento.

Um dos tratamentos propostos pela Norma sueca para a utilização da urina humana na agricultura é o armazenamento, processo com baixa necessidade de tecnologia e equipamentos. Seu objetivo é tornar a urina humana estéril, livre de organismos patogênicos e estabilizada físico-químico e biologicamente, o que possibilita a precipitação. Seu armazenamento durante um período de seis meses em temperatura de 20°C, é suficiente para que possa ser utilizada em vários tipos de culturas, porém este período de armazenamento pode ser diminuído em regiões de clima tropical, em temperaturas mais elevadas (JOHANSSON, 2000).

Focando na concentração dos nutrientes na urina armazenada, segundo Magri (2013) a amônia, importante fonte de nutriente para as plantas, quando ionizada tem potencial de variar ao longo do ano em função do pH e da temperatura em que é submetida. Segundo a autora, temperaturas mais elevadas favorecem o aumento na concentração dos tanques de armazenamento através da dinâmica de solubilização e volatilização, porém este comportamento não é comumente reportado em curtos períodos de monitoramento, período em que normalmente ocorre a hidrólise da uréia.

A urina humana já vem sendo testada em culturas agrícolas para a recuperação de nutrientes para produção e crescimento do milho (ARAÚJO et al., 2015; BOTTO et al., 2018), pimenta de cheiro (MULLER et al., 2019) onde foi avaliado a eficiência na produção. Na pesquisa de Rios (2008), foi avaliado o uso de solução nutritiva convencional e urina humana como fonte alternativa de nutrientes em cultivo hidropônico da Alface (*Lactuca sativa*), com as maiores produções na alface cultivada com urina humana.

A alface (*Lactuca sativa* L.), dentre as hortaliças folhosas, é a de maior consumo e valor comercial no mundo, podendo ser utilizada em saladas cruas e em sanduíches (Lopes et al., 2005). Apesar de absorver quantidades relativamente pequenas de nutrientes, seu ciclo rápido a torna mais exigente. Como apresenta alta sensibilidade, é ideal para avaliar a recuperação dos nutrientes presentes na urina humana e os efeitos provocados pela aplicação.

Através desta premissa, é notória a necessidade de se realizar estudos e pesquisas que favoreçam a reutilização de nutrientes encontrados nas excretas humanas na agricultura, sendo utilizadas com o devido cuidado e tratamento adequado a fim de evitar proliferação de agentes contaminantes, auxiliando na redução do uso indiscriminado de fertilizantes químicos.



## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo Geral

Avaliar o aproveitamento dos nutrientes presentes da urina humana na produção de cultura agrícola segundo parâmetros agronômicos e nutricionais.

### 2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar como as formas de estocagem (ambiente claro e escuro) em função da temperatura, afetam a qualidade da urina durante os 6 meses de armazenamento;
- Caracterizar qualitativamente a urina humana por sexo, idade e modo de armazenamento;
- Avaliar a concentração de urina humana na produção orgânica de alface crespa de acordo com as variáveis comprimento da raiz, volume da raiz, massa da raiz, massa total, massa seca e massa fresca;
- Avaliar concentrações de Macro e Micronutrientes como parâmetros nutricionais presentes no solo na cultura utilizada (folha, raiz e solo).

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Saneamento focado em recursos

Segundo o “Catálogo de Soluções Sustentáveis de Saneamento sobre Gestão de Efluentes Domésticos” (FUNASA, 2018), o “Saneamento Focado em Recursos” ou como também é conhecido saneamento sustentável, tem como objetivo conservar o ambiente de forma saudável para a natureza e para as pessoas, utilizando sistemas naturais a fim de neutralizar o potencial contaminante e poluidor dos efluentes, aproveitando os recursos nele disponíveis.

Estes sistemas de saneamento admitem a recuperação completa de todos os nutrientes, favorecendo a agricultura e minimizando riscos de poluição da água, de forma com que permita o uso econômico desta a partir de sua máxima reutilização. Particularmente sua finalidade na irrigação, minimiza a necessidade de recursos externos e reduz a emissão de resíduos do sistema para o meio ambiente (MANILA, 2003; ESREY, 1998).

Um fator importante a ser abordado são as vastas quantidades de água potável a serem utilizadas para transportar excretas, que poderiam ser utilizadas para fins mais nobres, como o abastecimento de comunidades que sofrem com a escassez desta (ESREY, 2000). De acordo com o mesmo autor, cerca de 15.000 litros de água potável são utilizados para transportar 500 litros de urina e 50 litros de fezes por ano excretadas por um indivíduo adulto.

Além desta problemática, temos os convencionais sistemas de esgotamento sanitário responsáveis pela destruição do ciclo desses importantes nutrientes, pois estes não retornam ao campo a fim de serem reaproveitados, da área urbana para a agricultura. Por sua vez, são geralmente perdidos, descartados e esquecidos nos sistemas aquáticos, gerando uma maior demanda de fertilizantes artificiais que na maioria das vezes contém metais pesados e outros resíduos perigosos (NARAIN, 2003).

Se todos os nutrientes provenientes dos resíduos domésticos forem reciclados, a reutilização desses fertilizantes poderia reduzir, posto que a urina espontaneamente tem em sua composição os três principais nutrientes necessários para fertilizantes comerciais (RANDALL & NAIDOO, 2018).

O saneamento sustentável então se apresenta como uma alternativa para evitar as desvantagens dos sistemas convencionais de esgoto e considera a separação dos

excretas uma técnica essencial para um eficaz tratamento, pois auxilia na reciclagem dos nutrientes das fezes, urina e águas cinza, promovendo a economia de água e reduzindo a poluição no meio ambiente. (LANGERGRABER e MUELLEGGER, 2005).

Segundo Botto (2013) o saneamento focado em recursos pode ser adotado como técnica sustentável para a disposição de excretas, uma vez que apresenta baixo custo de implantação, transporte, tratamento e reuso na agricultura.

Segundo Upreti et al. (2011), o uso de resíduos animais em culturas na forma de estrume ou adubo em área agrícola é uma prática comum na maioria das comunidades agrícolas, porém o mesmo não ocorre com os resíduos humanos, uma vez que nunca foi reconhecido como uma fonte alternativa de fertilizante para a produção agrícola com a mesma importância ao teor nutricional dos vegetais como o de resíduos animais.

Segundo Johansson (2001) a urina animal utilizada contém menor porcentagem de nitrogênio e fósforo que a urina humana e maior disponibilidade de potássio. Além disso, alguns elementos naturais existentes no esgoto bruto são necessários ao desenvolvimento vegetal como macro (N, P, K) e micronutrientes (As, Cd, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, Zn) (Guidolin, 2000).

### 3.2. Urina Humana: Conceito, geração e caracterização.

#### 3.2.1. Técnicas de separação da urina.

Segundo Johansson (2000) as técnicas de separação de urina humana das excretas têm sido utilizada durante milhões de anos em várias partes do mundo. Enquanto na Suécia o objetivo da separação era facilitar o tratamento das águas residuais reduzindo a quantidade de água utilizada com o efluente, a china buscava o aproveitamento dos nutrientes presentes na urina humana para posterior reuso como fertilizante.

Os primeiros banheiros desenvolvidos na Suécia com separador de urina foram feitos em 1970, porém o primeiro separador de porcelana foi produzido somente em 1990 com eco-vilas construídas 5 anos depois. O propósito desse sistema de separação é a utilização dos nutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio) como fertilizante concentrado desde que livres de compostos nocivos ao meio ambiente (JOHANSSON, 2000).



Figura 1 - Vaso com sistema separador de urina e Fezes.  
Fonte: JOHANSSON, 2000

Outros países também atenderam o mesmo conceito de separação da urina humana, como o Vietnã, América Central e México com um sistema de saneamento com latrinas de cofre duplo que reciclam o subproduto na agricultura. No norte do Vietnã costumava-se fertilizar campos de arroz com excrementos frescos, porém como a prática era perigosa em 1956 iniciaram programas de educação em saúde para tornar segura a prática de reutilização (ESREY et al., 1998).

Assim como no Vietnã, em Kerala na Índia foi construído um sistema adaptado que usava não somente a urina, como também a água da limpeza anal em um leito para evapotranspiração. Neste leito, são plantados cabaço amargo, banana ou cana, que são irrigadas com as águas residuais que ali chegam (ESREY et al., 1998).

No Brasil, as pesquisas científicas são desenvolvidas com aplicações de urina humana em cultivos agrícolas, sendo que uma das primeiras pesquisas documentadas foram o trabalho de Silva et al., (2007) com aplicação em Helicônia utilizando-se diferentes diluições.

Segundo Jonsson e Vinneras (2013), a separação da urina e fezes pode ocorrer sem que haja perdas de nutrientes no processo, potencializando a concentração. Estes são compostos diferentes, e seu tratamento e reuso separados permitem o aproveitamento dos elementos e a remoção de patógenos e micropoluentes existentes em ambos efluentes (ESREY et al., 2001).

### 3.2.2. Características Qualitativas da Urina

Segundo Lind et al., (2001), a urina humana é uma solução aquosa complexa, contendo em sua totalidade, nutrientes como compostos altamente diluídos. Fazem

parte desta gama de componentes o cloreto de sódio (NaCl) e a ureia [CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>], potássio (K), cálcio (Ca), sulfato (SO<sub>4</sub>) e fósforo (P), sendo este disponível como superfosfatos.

A excreção de toxinas e de resíduos contendo nitrogênio, como ureia e amônia, faz parte da responsabilidade dos rins, equilibrando a quantidade de muitas substâncias inúteis secretadas pelo néfros, enquanto as úteis para o corpo retornam ao sangue, essencial para a homeostasia. Além destes compostos, o rim é responsável por regular os níveis de substâncias químicas no sangue como cloreto, sódio, potássio e bicarbonato, tanto quanto o equilíbrio adequado de água e sal do corpo, ao reter ou excretar seletivamente essas substâncias (THIBODEAU & PATTON, 1960).

Durante a metabolização da proteína, cerca de 90% do nitrogênio é excretado na urina sob forma de ureia, ácido úrico, creatina e outros compostos nitrogenados. Essa quantidade se assemelha aos fertilizantes químicos de mesmo composto (GUYTON, 2006; RICHERT STINTZING et al., 2001). O fósforo (P) por sua vez, se apresenta predominantemente disponível de forma inorgânica, com cerca de 95 a 100%, excretado na forma de íons fosfato diretamente disponíveis para as plantas, qualitativamente semelhante ao fosfato químico (LENTNER et al., 1981; KIRCHMANN & PETTERSSON, 1995). Estes compostos, além do sódio (S), são excretados como íons, de forma semelhante à que é fornecida pelos fertilizantes químicos, por conseguinte, nos leva a pensar que o efeito fertilizante da urina pode ser o mesmo que o do fertilizante químico (LENTNER, 1981; KIRCHMANN & PETTERSSON, 1995).

Em relação ao pH da urina fresca, esta varia e geralmente apresenta características de neutralidade, entre 6 e 7, e tende a aumentar para 9 durante seu armazenamento à temperatura ambiente. Este valor tende a aumentar em virtude da hidrólise da ureia que ao se degradar transforma-se em amônia e íons de bicarbonato na presença da enzima uréase, podendo resultar numa perda significativa de nitrogênio, especialmente se ocorrer a volatilização da amônia (UDERT et al, 2003; UDERT et al., 2003).

A ureia é um resíduo metabólico produzido no fígado a partir da utilização de proteínas e aminoácidos e outras substâncias químicas orgânicas e inorgânicas dissolvidas em água, podendo ocorrer variações na concentração dessas substâncias devido à influência de fatores como ingestão alimentar, atividade física, metabolismo

orgânico, função endócrina e até mesmo posição do corpo, o que dificulta o estabelecimento de níveis normais (STRASINGER, 1996; GUYTON E HALL, 2002). Indivíduos que apresentam uma dieta rica em proteína tem de forma subsequente uma grande produção de ureia como resíduo nitrogenado (GUYTON, 2006).

A Figura 2 exibe os teores de macronutrientes (N, P e K) presentes no esgoto doméstico subdivididos por tipo de efluente: água amarela (urina humana), água marrom (fezes) e água cinza.

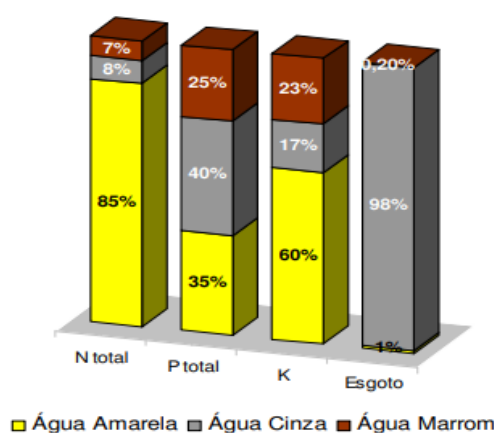


Figura 2 - Quantidade de nutrientes da urina no esgoto sanitário.  
Fonte: ZANQUETA (2007) adaptado de JOHANSSON, 2000.

Como mostrado na figura 2, a disposição de nutrientes presentes no esgoto doméstico e a porcentagem dos nutrientes, a urina humana apresenta amplo potencial de reaproveitamento, uma vez que representa apenas 1% do volume total do efluente.

Outras substâncias que também podem ser encontradas são: hormônios, vitaminas e medicamentos (STRASINGER, 1996; GUYTON & HALL, 2002). Quanto a presença de microrganismos na urina, esta não proporciona praticamente nenhum risco de contaminação, mas pode ser contaminada por patógenos presentes nas fezes (JOHANSSON et al., 2001).

### 3.2.3. Alternativas de tratamento e recuperação de nutrientes.

Para Oyama (2013), o tratamento da urina varia de acordo com o modo de aplicação desejada e as condições necessárias considerando aspectos importantes como o armazenamento e transporte.

Diante disso, e de acordo com a propriedade da urina, existem variedades de tecnologias de tratamento que podem ser utilizadas de acordo com cada objetivo, e

estas são redução de volume, remoção de micro poluentes, remoção de nutrientes biológicos, recuperação de N e P, estabilização e higienização, sendo que as mais utilizadas estão descritas na Tabela 1 (MAURER et al., 2006).

Tabela 1 - Resumo das Características dos principais processos de tratamento da urina humana.

Processo: Principais características	Vantagens e Desvantagens	Referências
<b>ESTOCAGEM OU ARMAZENAMENTO</b>		
<p><b>Higienização e/ou Estabilização</b></p> <p>Promove a higienização em função da transformações bioquímicas que ocorrem na urina; 3 fatores interferem no processo: tempo, temperatura e pH; A ureia, mediada pela enzima uréase, é transformada em amônia ionizada e íons bicarbonato: <math>\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NH}_4^+ + 3\text{HCO}^- + \text{OH}^-</math> Com a elevação do pH o equilíbrio químico desloca-se no sentido <math>\text{NH}_3</math>, que possui ação tóxica para os microorganismos; O valor de pKa para o equilíbrio é 9,25 a 25°C: <math>\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}</math> Pode ocorrer a precipitação de fósforo, cálcio e magnésio durante a estocagem, em função da elevação do Ph.</p>	<p>Vantagens: Baixa necessidade de tecnologia, equipamentos.</p> <p>Desvantagens: Recomenda-se que a urina seja estocada por um longo período para completa sanitização, de 6 a 12 meses; Forte odor de amônia; Risco da perda de amônia para atmosfera.</p>	<p>HELLSTROM et al., 1999; HOGLUNG, 2001; UDERT et al., 2003; MAURER et al., 2006; UDERT et al., 2006.</p>
<b>ACIDIFICAÇÃO</b>		
<p>Promove a higienização e a estabilização pela adição de um ácido forte, que inibe a decomposição da ureia, por impedirem o crescimento bacteriano e a elevação do pH; Ácidos mais utilizados: sulfúrico e acético; 60 mg de ácido sulfúrico ou acético por litro de urina não diluída foi encontrado por Hellstrom et al., (1999), como a concentração ideal para inibição da decomposição da ureia.</p>	<p>Vantagens: Baixa necessidade de tecnologia, equipamentos.</p> <p>Desvantagens: Risco de manipulação de um ácido forte; Necessário o ajuste de pH quando for realizado o reuso.</p>	<p>HELLSTROM et al., 1999; HOGLUNG, 2001; MAURER et al., 2006.</p>
<b>NITRIFICAÇÃO</b>		
<p>Promove a estabilização pelo processo de nitrificação, onde a ureia é transformada em amônia, nitritos e nitratos; Realizada preferencialmente em reatores com biomassa fixa:</p>	<p>Vantagens: Boa estabilização Biológica; Impede a formação de maus odores provenientes do <math>\text{NH}_3</math>.</p>	<p>UDERT et al., 2003; MAURER et al., 2001; FENG et al., 2008; PRONL e KONE, 2009; UDERT e WACHTER, 2012.</p>

	<p>Taxa máxima de nitrificação obtida por Udert et al., 2003-b foi de 380 gN.m<sup>3</sup>.cli<sup>-1</sup>, e o pH limilante foi 6,0;</p> <p>Taxa máxima de nitrificação obtida por Feng et al., 2008 foi de 46,5 gN.m<sup>4</sup>.d<sup>-1</sup>, e o pH foi controlado e mantido em 8,0;</p> <p>Fatores interferentes: pH, concentração de O<sub>2</sub>, pré-tratamento da urina; meio suporte.</p>	<p>Desvantagens:</p> <p>Há a necessidade de tecnologia;</p> <p>Gasto com energia (fornecimento de O<sub>2</sub> ao processo de nitrificação);</p> <p>Processo sensível a variações de pH.</p>
Recuperação de nutrientes	<p style="text-align: center;"><b>PRECIPITAÇÃO DA ESTRUVITA</b></p> <p>A estruvita é formada da reação entre o magnésio e fosfato, na presença de amônia;</p> <p>O pH da urina hidrolisada é ótimo para a precipitação da estruvita;</p> <p>A precipitação é otimizada com a adição de- Mg (pois na urina este encontra-se em baixas concentrações), na forma de MgO, Mg(OH)<sub>2</sub>, MgC12ou ainda como a salmoura que dá origem ao sal de cozinha;</p> <p>A entalpia de formação estimada da estruvita por Rotentalp et al., (2007), é de 22,6±1.1 klmo.<sup>1</sup>, o que indica que a solubilidade da estruvita aumenta com o aumento da temperatura.</p>	<p>Vantagens:</p> <p>Boa recuperação de fósforo;</p> <p>Baixo custo econômico e energético;</p> <p>Desvantagens:</p> <p>Baixa necessidade de tecnologia, equipamentos;</p> <p>Gasto com a adição de magnésio, ou outros aditivos para otimização do processo;</p> <p>LIND et al., 2000; JAFFER et al., 2002; UDERT et al., 2003; MAURER et al., 2006; RONTELTAP et al., 2007a; RONTELTAP et al., 2007b; GANROT et al., 2007; WILSENACH et al., 2007; PRONL E KONÉ, 2009; RONTELTAP et al., 2010; ETTER et al., 2011.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>TROCA IÔNICA</b></p> <p>Processo baseado no uso de meios que possuem afinidade com os nutrientes presentes na urina, principalmente com a amônia;</p> <p>Os meios mais utilizados são as variedades de zeólitas, como a clinoptiolita, ou os polímeros sintéticos;</p> <p>A maior taxa de remoção observada por Lind et al., (2000) foi com a dosagem de zeólita de 15 g/1.</p>	<p>Vantagens:</p> <p>Boa recuperação de nitrogênio;</p> <p>Baixo custo econômico e energético, se os meios de troca iônica forem de fácil aquisição.</p> <p>Desvantagens:</p> <p>Há necessidade de tecnologia;</p> <p>Possibilidade de gasto os meios de troca iônica.</p> <p>LIND et al., 2000; MAURER et al., 2006.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>STRIPPING DA AMÔNIA</b></p> <p>Processo de separação térmica normalmente conduzido com vapor;</p> <p>A urina aquecida é colocada em contato com vapor, normalmente em reatores do tipo "torres" com material de enchimento;</p> <p>Assim, a amônia volátil é transferida da fase líquida para o vapor;</p> <p>A colação concentrada com água e amônia é recuperada;</p> <p>Na temperatura de 20°C e 95% de remoção de amônia, o consumo de energia foi reportado por Otterpohl et al., (2007) — 7kW.m<sup>4</sup> de urina.</p>	<p>Vantagens:</p> <p>Boa recuperação de nitrogênio;</p> <p>Desvantagens:</p> <p>Há necessidade de tecnologia;</p> <p>Gastos com energia.</p> <p>MAURER et al., 2006; OTTERPOHL et al., 2007.</p>



---

**PRECIPITAÇÃO DO ISOBUTILALDEÍDO-DI-  
URÉIA (IBDU)**

---

Ureia forma um complexo com isobutilaldeído, resultando na precipitação do isobutilaldeidodiuréia, um fertilizante de liberação lenta, comercializado em ampla escala;

Utilizado em conjunto com processos de redução de volume, pois é necessária uma elevada concentração de ureia para a precipitação;

Uma reação em batelada dura aproximadamente 24 horas.

Vantagens:  
Elevada redução de volume.

BEHRENDT et al., 2001; MAURER et al., 2006.

Desvantagens:  
Há a necessidade de tecnologia;  
Gasto com a adição de isobutilaldeído.

---

Fonte: Adaptado de Magri (2013).

Os métodos mais eficazes para a recuperação dos nutrientes são evaporação, eletrodialise, osmose reversa e precipitação da estruvita, com o aproveitamento de mais de 90% do nitrogênio e fósforo. Porém, estes tratamentos demandam grandes quantidades de energia, operação intensa e produtos químicos (MAURER et al., 2006; SHANNON et al., 2008).

Já o armazenamento é a técnica mais utilizada e difundida para o tratamento da urina pela facilidade de monitoramento, não necessitar de muitos insumos apesar dos investimentos com os tanques de armazenamento (BOTTO, 2013).

Porém, algumas condições devem ser discutidas e consideradas para a escolha do recipiente em que a urina ficará armazenada, levando em conta à perda de amônia para o ar e formação de precipitados. Desse modo a tabela 2 mostrará importantes aspectos a serem considerados para o desenvolvimento do sistema de armazenamento da urina humana (Gantenbein & Khadka, 2009).

Tabela 2 - Considerações preliminares sobre o armazenamento da urina.

Tipo de urina	Forma de estocagem	Diluição	Perda de Nitrogênio	Precipitação de nutrientes (P, Ca, Mg)
Urina fresca	-	Negativo	Negativo	Negativo
Urina estocada	Hermética	Negativo	Negativo	Positivo
Urina estocada	Tanque aberto	Negativo	Positivo	Positivo
Urina estocada	Vaso sanitário da Ecosan	Negativo	Positivo	Positivo

---

Fonte: Gantenbein & Khadka (2009)

### 3.3. Utilização de águas residuais na agricultura

De acordo com a ANA (2017), nos resultados do levantamento de irrigação, a atividade é responsável pela retirada de 969 mil litros por segundo e pelo consumo de 745 mil litros por segundo de água. Considerando os demais usos consuntivos levantados, esses valores correspondem à 46% da retirada e 67% da vazão de consumo.

Esses valores representam aproximadamente cerca de 70% do uso consuntivo total da demanda atual de água para o setor agrícola brasileiro e diante volumosa demanda de vazões para um uso deste bem, é de extrema importância que se atribuam prioridades para regulamentar o reuso de outras fontes de irrigação para fins agrícolas (HESPANHOL, 2003).

Segundo os dados do Atlas irrigação da Agência Nacional das Águas (ANA, 2017), estima-se que em 2030 a área irrigada crescerá cerca de 45% além da já utilizada (Figura 3), em paralelo com a necessidade de água a ser retirada, crescendo mais 38% do que é utilizado. Essa diferença entre a expansão da área utilizada com a necessidade de água será em virtude a perspectiva de avanço em sistemas mais eficientes no uso da água.

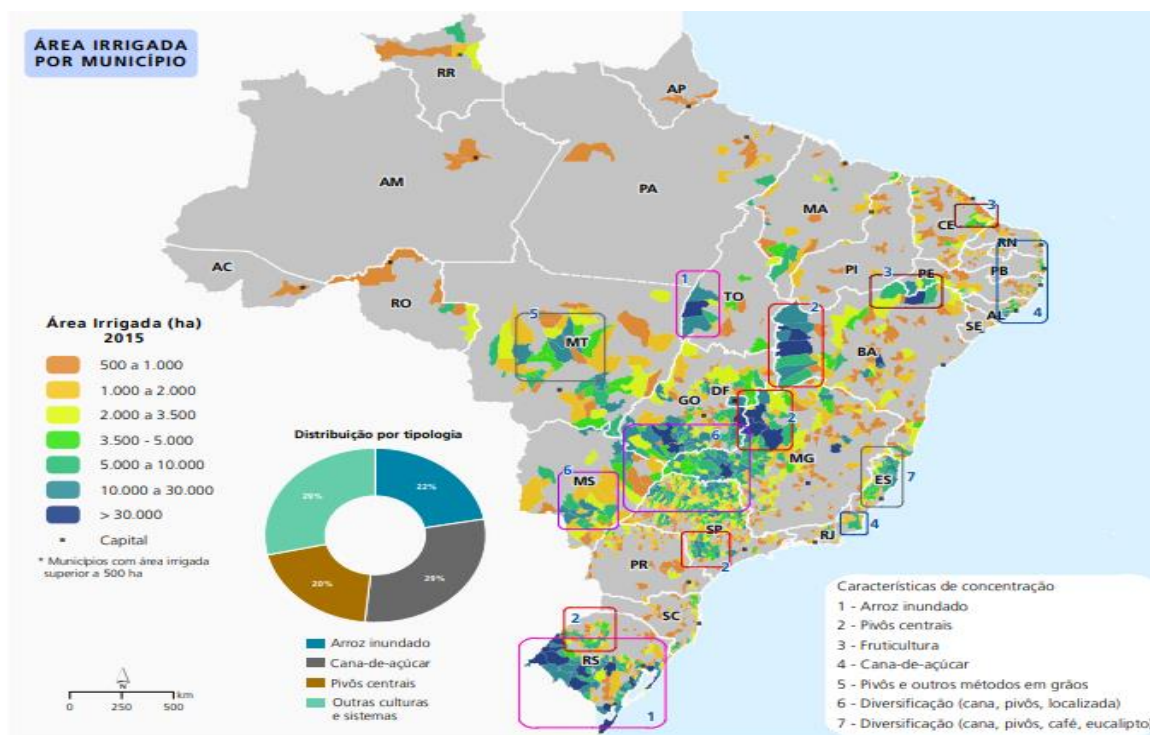


Figura 3 - Área atual equipada para irrigação por município (2015).  
Fonte: ANA (2017)

Vários critérios e padrões de qualidade são considerados quando se leva em questão a aplicação de um sistema de reuso de água, ressaltando-se a questão da saúde pública, a aceitação da água pelos usuários, a preservação do ambiente, a qualidade da fonte da água para reuso e a adequação desta em relação a qualidade do uso pretendido (HESPANHOL, 2003).

De acordo com Bastos (2003), o uso de esgotos sanitários para a irrigação de culturas agrícolas foi originado dos processos de disposição de esgotos no solo objetivando o seu tratamento ou disposição final, por volta do século XIX. Para Silva et al., (2014), o uso da água residual na agricultura se mostra como uma alternativa eficiente, uma vez que disponibiliza água necessária para o incremento da produção agrícola, além de reduzir as pressões de demanda nos mananciais.

Desta maneira, as taxas de aplicação no solo, bem como a frequência de rega devem ser executadas de maneira que possibilitem as condições de umidade e secagem adequada a aeração do mesmo utilizado para plantio. Ademais, garantir e preservar o desempenho das plantas, a fim de que o teor de umidade e as concentrações de componentes tóxicos do efluente utilizado, não superem as condições que a vegetação é capaz de suportar (PAGANINI, 2003)

Existem aspectos importantes a serem ponderados em relação ao reuso agrícola, como o risco de salinidade, contaminação por metais pesados, contaminação biológica bem como a potencialidade de percolação destes elementos no solo aos lençóis freáticos. A acumulação destes metais pesados ao longo do perfil do solo pode ocasionar uma fitotoxicidade às plantas e o risco à saúde humana na medida em que estes presentes nos vegetais utilizados e contaminados, são introduzidos ao consumo (PAGANINI, 2003).

### 3.3.1. Utilização e Aplicação da urina humana na agricultura

Para a aplicação desse biofertilizante, é recomendado que a excreta seja tratada antes do uso no cultivo. Segundo as “Diretrizes Sobre o Uso de Urina e Fezes na Produção de Culturas” aconselhado por Johansson (2001), é necessário seguir as legislações e ou recomendações locais específicas para o uso de urina e fezes, para fertilização de culturas.

As taxas de aplicação para fertilizantes minerais comerciais à base de nitrogênio (ureia ou amônia), podem ser aproveitadas para recomendações sobre o uso da urina.

Assim, é necessário que se analise as concentrações de nitrogênio encontradas na amostra de urina a ser utilizada, caso contrário, pode ser estimado em 3 a 7g N litro<sup>-1</sup> (JONSSON et al., 2004).

A urina pode ser aplicada pura ou diluída, no entanto, sua taxa de aplicação deve sempre ser fundamentada na taxa de aplicação de nutrientes desejada, sendo que caso haja uma necessidade de água suplementar, esta seja feita com água pura, e não com a urina diluída (JONSSON et al., 2004).

. Em relação a prevenção contra odores e afim de evitar qualquer tipo de contaminação, é necessário que a mesma seja aplicada próxima ao solo e incorporada rapidamente, ou ser incorporada anteriormente ao plantio das culturas agrônômicas (JONSSON et al., 2004). Outro fator importante para o reuso é a salinidade da água. Segundo Martinez (2004) quanto maior a condutividade elétrica (CE) maior a salinização do meio de cultivo como podemos ver pela Tabela 3.

Tabela 3 - Classificação da salinidade da água de reuso baseada na condutividade elétrica.

Denominação	Classificação	Valores de CE	
		em dS m <sup>-1</sup> a 25°C	
			Utilização
C1	Salinidade baixa	0 – 0,25	Pode ser usada na irrigação da maioria das culturas.
C2	Salinidade média	0,25 - 0,75	Pode ser usada com grau moderado de lixiviação e em culturas tolerantes.
C3	Salinidade alta	0,75 - 2,75	Não pode ser empregada em solos com deficiência em drenagem e usadas técnicas especiais para controle da salinização e usar culturas tolerantes.
C4	Salinidade muito alta	2,75 – 5,0	Não é apropriada para irrigação em condições normais, usar culturas tolerantes e em solos permeáveis com boa drenagem.

Fonte: Bernardo, 2006.

Valores altos de condutividade indicam excessos de salinidade que podem causar sérios danos tanto ao solo como à cultura, e alguns íons específicos, como cloro, sódio e boro são tóxicos (EPA, 1992). Autores como Botto (2013) apresentaram valores de condutividade para urina humana de 42 a 43 mS cm<sup>-1</sup>, valor próximo a Ronteltap et al., (2010) de 36 mS cm<sup>-1</sup>.

Outro fator que limita a reutilização da urina humana na agricultura é a presença de microrganismos patogênicos. Pesquisas realizadas com foco na separação de urina demonstram que em condições ideais de armazenamento de pH elevado, alta temperatura (> 20°C) com período de armazenamento ≥ 6 meses, proporcionaram

uma solução de urina estéril, podendo viabilizá-la após análises posteriores a um possível reuso agrícola, como visto na Tabela 4 (JOHANSSON et al., 2002).

Tabela 4- Relação entre as condições de armazenamento, o conteúdo de patógenos da mistura de urina e as recomendações para culturas em sistemas maiores (a).

Temperatura de armazenamento	Período de armazenamento	Presença de patógenos na mistura de urina b)	Culturas recomendadas
4°C	≥ 1 mês	Vírus e protozoários	Forragens e culturas alimentares a serem processadas
4°C	≥ 6 meses	Vírus	Culturas alimentares a serem processadas, culturas forrageiras (c)
20°C	≥ 1 mês	Vírus	Culturas alimentares a serem processadas, culturas forrageiras (c)
20°C	≥ 6 meses	Provavelmente nenhum	Todas as culturas (d)

(a) "Sistemas maiores", neste caso, significa que a urina humana é usada para fertilizar culturas que são consumidas por outras pessoas que não os membros da família onde a urina é coletada.

(b) Bactérias gram-positivas e esporulantes não estão incluídas.

(c) Exceto pastagens para a produção de ração animal.

(d) No caso de culturas alimentares consumidas cruas, recomenda-se que a fertilização com urina seja interrompida pelo menos um mês antes da colheita e que a urina seja incorporada ao solo.

Fonte: Adaptado de Jonsson et al. (2000).

É importante salientar que o uso e manuseio dos resíduos para qualquer sistema de esgoto tem como um critério importante, que este seja higienicamente seguro (EPA sueco 1995). Segundo Johansson (2001) foram desenvolvidos alguns estudos utilizando urina humana como fertilizante na agricultura e ainda há uma preocupação a respeito do seu efeito e de como utilizada de maneira segura. Outros fertilizantes naturais também foram utilizados na Suécia para aplicação na agricultura, como a urina animal utilizada em quantidades de aproximadamente 2,3 milhões toneladas por ano, porém esta contém menor porcentagem de nitrogênio e fósforo que a urina humana e maior disponibilidade de potássio nas urinas bovina e suína.

Sundin (1999) avaliou a aplicabilidade da urina para efeito de cultivo e armazenamento de nutrientes no solo em trabalhos realizados na Etiópia e no Zimbábue pela Sociedade para o Desenvolvimento Urbano na África Oriental (SUDEA). Eles chegaram a resultados que indicaram o método, como boa alternativa ao realizar a incorporação de nutrientes no solo durante 28 dias após a safra, embora tenha ocorrido uma perda de nitrogênio mineral de 37%.

Ao realizar inserção da urina em regiões definidas como secas, precedida de um período de cultivo durante a estação de colheita, este proporcionou uma amostra de nutrientes que permanecem no solo, disponível para as plantas durante a estação de

crescimento. Na Tabela 5 tem-se a relação de autores e trabalhos que utilizaram a urina como fertilizante em diversos tipos de culturas agrônômicas.

Tabela 5 - Principais bibliografias sobre uso de urina humana em culturas alimentícias.

<b>Tipo de Cultura</b>	<b>Objetivo da Pesquisa</b>	<b>Autor</b>
Milho ( <i>Zea mays L.</i> )	Avaliar o uso de excretas humanas (urina e fezes) no cultivo do milho	GUZHA et al., (2005)
REPOLHO ( <i>Brassica oleracea L.</i> )	Avaliar características químicas, microbiológicas e a qualidade do sabor	PRADHAN et al., (2007)
Pepino ( <i>Cucumis sativus L.</i> )	Comparar o uso da urina com o fertilizante comercial	HEINONEN-TANSKI et al., (2007)
Milho ( <i>Zea mays L.</i> )		
Tomate ( <i>Solanum lycopersicum L.</i> )	Comparar a urina humana e a uréia como nutrientes no cultivo do milho; tomate; cenoura e beterraba	MNKENI et al., (2008)
Cenoura ( <i>Daucus carota L.</i> )		
Beterraba ( <i>Beta vulgaris L.</i> )		
Tomate ( <i>Solanum lycopersicum L.</i> )		
Abóboras ( <i>Cucurbita maxima L.</i> )	Comparando os efeitos da fertilização com a urina e a fertilização mineral convencional sobre essas propriedades.	PRADHAN et al., (2009)
Banana ( <i>Musa paradisiaca</i> )	Estudar o efeito da aplicação de urina humana no crescimento e produção de banana e economia de cultivo; estudar o efeito da aplicação da urina humana nos parâmetros de qualidade.	SRIDEVI E SRINIVASAMURTHY (2009)
Milho ( <i>ZeaMays L.</i> )	Avaliar o crescimento com e sem a aplicação de urina	KASSA et al., (2010)
Beterraba ( <i>Beta vulgaris L.</i> )	Avaliar características químicas, microbiológicas e a qualidade do sabor	PRADHAN et al., (2010)
Mandioca ( <i>Manihot esculenta</i> )	Este estudo mediu nutrientes e cargas de metais pesados na urina e água amarela, avaliando se o tratamento com urina antes da aplicação como fertilizante era necessária sob condições tropicais	WOHLSAGER et al., (2010)
Arroz ( <i>Oryza sativa</i> )		
Cana de açúcar ( <i>Saccharum officinarum</i> )		
Batata Kufri Jyoti ( <i>Solanum tuberosum</i> )		
Batata Janak Dev ( <i>Solanum tuberosum</i> )	Avaliar o efeito da urina humana sobre o rendimento das culturas e descobrir a dose e o tempo de aplicação adequados da urina para diferentes culturas.	UPRETI et al., (2011)
Arroz ( <i>Oryza sativa</i> )		
Cebola ( <i>Allium cepa</i> )		
Rabanete ( <i>Raphanus sativus</i> )		
Trigo ( <i>Triticum sp</i> )		
Sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench)	Avaliar a eficácia do fósforo (P) e urina balanceada com potássio (K) como fonte de nutrientes para o cultivo de sorgo.	GERMER et al., (2011)
Quiabo ( <i>Abelmoschus esculentus</i> )	Analisar a aplicação de diferentes doses de urina em comparação com o fertilizante mineral	AKPAN-IDIOK et al., (2012)

Milho ( <i>Zea mays</i> L.)	Avaliar o uso da urina humana como fertilizante para o milho e alface em solo com diferentes doses de urina; analisar os	CHRISPIM E NOLASCO (2012)
Alface ( <i>Lactuca sativa</i> L.)	Efeitos do fertilizante na urina no solo e nas plantas, com base na comparação de plantas fertilizadas e não fertilizadas;	
Quiabo ( <i>Abelmoschus esculentus</i> )	Avaliar o fertilizante da urina humana em combinações diferentes e comparar o valor com composto, uréia e suas combinações com base no desempenho da planta.	SHRESTHA et al., (2013)
Espinafre ( <i>Spinacia oleracea</i> )		
Pimentão ( <i>Capsicum annuum</i> Group)		
Milho ( <i>Zea mays</i> L.)	Estudar o crescimento, a produtividade e a composição nutritiva da forragem verde hidropônica (FVH) de milho cultivado em bagaço de cana-de-açúcar fertirrigado com diferentes diluições de urina humana	ARAÚJO et al., (2015)
Tomato ( <i>Solanum lycopersicon</i> )	Avaliar Influência da mistura de urina e composto humano na qualidade da fertilidade do solo pós-colheita, rendimento e prazo de validade do tomate ( <i>Solanum lycopersicon</i> )	ADEOLUWA et al., (2016)
Milho ( <i>Zea mays</i> L.)	Analisar o comportamento do milho híbrido em termos de crescimento e produtividade quando fertilizado com urina humana.	BOTTO et al., (2018)
Pimenta de cheiro ( <i>Capiscum</i> spp.)	Avaliar o impacto de diferentes diluições de urina humana em variedades de pimenta de cheiro.	MULLER et al., (2019)

Fonte: Elaboração própria.

### 3.4 Legislação para reuso na agricultura

Em muitos países a legislação sobre reuso é inexistente, branda ou restritiva. Isso é decorrente da falta de estudos e normativas extremamente restritivas que orientem quais as taxas seguras de aplicação para cada cultura e quais os reais prejuízos que cada contaminante pode ocasionar ao sistema solo-água-planta.

A Suécia, um dos países pioneiros quanto à reutilização de urina como fertilizante, porém ainda não existe lei que controle o uso de excrementos humanos como fertilizantes em agricultura convencional, embora seja abrangido pelo regulamento à utilização segura de lamas de depuração (CEE, 1986).

Mesmo com a diretiva que tem por intenção minimizar o uso de recursos não renováveis, através da reciclagem dos resíduos e subprodutos de origem vegetal e animal como nutrientes para a terra (EC, 2007), a União Europeia (EU) não permite que excrementos sejam utilizados como fertilizantes na agricultura orgânica (CE, 2008).

De acordo com as normativas da ABNT, segundo o item 5.6.3 NBR 13.969/97, é vedado o uso de efluente, mesmo desinfetado, em irrigações de culturas de hortaliças e frutas de ramos rastejantes (por exemplo, melão e melancia). Porém, as diretrizes da Organização Mundial de Saúde (OMS), estabelecem valores específicos

para a irrigação irrestrita de efluente e água bruta, quanto às qualidades sanitárias e microbiológicas. Para que os efluentes não apresentem restrições ao uso, os valores de coliformes fecais (média geométrica), encontrados devem ser inferiores que 1.000 NMP.100 mL<sup>-1</sup>, enquanto ao número de ovos de helmintos (média geométrica), estes deverão ser inferior a 1 (um).

Em seu trabalho sobre tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola, Bertoncini (2008) cita que no Brasil, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) lançou, em 2003, uma minuta de resolução similar à recomendação da Organização Mundial da Saúde, incentivando o reuso de águas de qualidade inferior e estabelecendo os padrões de qualidade dos efluentes para cada modalidade de reuso, porém, esta não entrou em vigor. Apenas em 2005 o órgão em questão lançou uma nova Resolução intitulada N 54, que incentiva a prática do reuso em diversas modalidades, mas não estabelece parâmetros específicos para seu emprego.

Esta falha quanto a abrangência dos parâmetros essenciais e específicos para o reuso, bem como normativas muito restritivas, não colaboram para o avanço dos estudos e práticas mais sustentáveis. De acordo com Hespanhol (2003), sistemas de reuso para fins agrícolas, quando feitos de maneira adequada, planejados e administrados proporcionam melhorias ambientais, concomitantemente com as condições de saúde, qualidade de vida e condições sociais da população associada a esta prática.

### 3.4. Práticas agrícolas.

Com o intuito de aumentar a produção agrícola, o amplo uso de fertilizantes acarreta um alto risco de lixiviação de nitrato para as águas superficiais e subterrâneas, acarretando em sérios fenômenos, como a eutrofização dos corpos hídricos (RAHMATI & MELESSE, 2016).

A partir desta premissa, ainda existe a contaminação do solo com produtos químicos orgânicos, e se apresenta como um sério problema em diversos países (AELION, 2009). A vasta porcentagem dos produtos químicos aplicados que chegam ao solo representa um perigo comum da aplicação de pesticidas nas áreas rurais e urbanas. Os compostos orgânicos sintéticos são consideravelmente resistentes à deterioração biológica e geralmente tóxicos para os organismos, mesmo em doses extremamente pequenas (CALABRESE & BALDWIN, 1998).



Seguindo essa problemática, segundo Roel (2002) a adubação química promove a alteração química dos tecidos vegetais, quantidades de açúcares, carboidratos, minerais, aminoácidos, promovendo uma mudança tanto no sabor quanto no aroma dos alimentos produzidos. Problemática evitada nos cultivos orgânicos uma vez que as técnicas utilizadas buscam mobilizar harmonicamente os recursos disponíveis, por meio da reciclagem de nutrientes e maximização do uso de insumos orgânicos gerados *in loco* com foco também na redução do impacto ambiental, minimização da dependência externa das matérias primas entre outros fatores que garantiriam a melhora na eficiência deste tipo de produção a fim de suprir necessidades nacionais internas e gerar excedentes exportáveis.

Segundo Souza & Alcântara, (2008) a prática do cultivo e adubação orgânica é constituída de resíduos de origem animal ou vegetal que se decompõe através da ação de microrganismos, resultando no húmus. Os resíduos de origem animal, conhecidos por esterco, são formados por excrementos sólidos (fezes) e líquido (urina), podendo estar misturado com restos vegetais obtendo-se uma composição variada.

Para Garrido et al., (2008) o esterco promove um melhor desempenho técnico econômico e ecológico para as produções agrícolas, porém apresenta fatores limitantes como a sua qualidade, em virtude de que este fica acumulado por um longo período e depois é espalhado em pequenas quantidades ao solo causando a perda de nutrientes devido à chuva, vento e raios solares. Para Giannella (2001) outro fator limitante a ser considerado são os custos e riscos elevados para esse sistema de produção, bem como a incerteza de posterior certificação do produto produzido para venda local e exportação.

Assim, ao longo dos anos, a utilização de resíduos orgânicos na agricultura vem se tornando cada vez mais uma opção alternativa do ponto de vista econômico, e uma das principais causas é o aumento da poluição ambiental e o alto custo dos fertilizantes minerais (SILVA et al., 2010)

### 3.5. Alface como planta indicadora

A alface, *Lactuca sativa L.*, é uma hortaliça folhosa da família das Asteraceae e no Brasil é considerada como a hortaliça mais consumida e comercializada, devido principalmente à produção ocorrer durante todo o ano (ABCSEM, 2017).

Conforme os dados do Censo Agropecuário de 2014, o Brasil produziu 525.602 toneladas de folhosas (HORTBRASIL, 2015). A alface é considerada a principal hortaliça cultivada no país, sendo a cultivar crespa, responsável por 70% do mercado (SALA & COSTA, 2012).

É uma folhagem com alta sensibilidade, contém caule pequeno que sustentam as folhas. Crescem em roseta, em volta do caule, podendo ser lisas ou crespas, formando ou não uma cabeça, com coloração em vários tons de verde, ou roxa, conforme a cultivar, com sistema radicular bem ramificado e superficial, explorando apenas os primeiros 0,25m do solo, quando a cultura é transplantada (FILGUEIRA, 2003). O transplante recomendado para mudas produzidas em bandejas de 128 e 200 células é entre 22 e 30 dias (RESENDE et al., 2003).

Outro fator que influencia a produção da qualidade das mudas é escolha do substrato, sendo este responsável pela germinação, retenção de água e aeração, proporcionando um sistema radicular mais volumoso (SILVA et al., 2008).

Vários tipos de substratos têm sido utilizados para produção de mudas de hortaliças e a vermiculita é um mineral, muito utilizada como substrato para produção de mudas de hortaliças devido à sua alta retenção de água, elevada porosidade, baixa densidade, alta CTC, pH em torno de 8,0 e uniformidade em composição (GALON et al., 2011). Segundo Filgueira (2000), a vermiculita tem a vantagem de absorver até cinco vezes o próprio volume em água, além de conter teores favoráveis de K e Mg disponíveis.

Por ser sensível, a temperatura ideal de crescimento da alface encontra-se na faixa de 15°C a 20°C (REISSER JR., 1991). Temperaturas maiores de 30°C podem comprometer o crescimento vegetativo com o aumento do risco de apendoamento precoce e a queima das pontas das folhas (BLIND et al., 2018).

### 3.5.1. Exigências nutricionais.

A alface em relação as demais culturas absorvem pequenas quantidades de nutrientes, porém devido a seu curto ciclo de desenvolvimento, pode ser considerada uma planta exigente em nutrientes (KATAYAMA, 1993).

Os nutrientes são importantes ao desenvolvimento das plantas de modo que para a alface, os absorvidos em maior quantidade são o potássio, o nitrogênio, o cálcio e o fósforo (ZAMBOM, 1982). A exigência dos micronutrientes é consideravelmente inferior aos macronutrientes, porém o potencial fitotóxico dos micronutrientes é maior

que o dos macronutrientes (ALBERONI, 1998). Na Tabela 6 encontram-se as faixas de concentrações aceitáveis para a solução nutritiva do cultivo da alface.

Tabela 6 - Faixas de nutrientes para a formulação da solução nutritiva para a alface.

<b>Concentrações</b>	<b>mg/litro</b>
6 - 15 $\mu\text{M}$ de N-NO <sub>3</sub>	100 - 300 N
0,5 - 1 $\mu\text{M}$ de N-NH <sub>4</sub>	-
0,5 - 3 $\mu\text{M}$ de P	30 - 70 P
2,5 - 8,5 $\mu\text{M}$ de K	200 - 400 K
1 - 8 $\mu\text{M}$ de Ca	200 - 400 Ca
0,75 - 4 $\mu\text{M}$ de Mg	24 - 80 Mg
0,5 - 4 $\mu\text{M}$ de S	30 - 80 S
0,5 - 400 $\mu\text{M}$ de B	0,5 - 1,0 B
0,05 - 1 $\mu\text{M}$ de Cu	0,02 - 0,1 Cu
3 - 100 $\mu\text{M}$ de Fe	2,0 - 10 Fe
0,5 - 40 $\mu\text{M}$ de Mn	0,5 - 1,0 Mn
0,01 - 3 $\mu\text{M}$ de Mo	0,01 - 0,05 Mo
0,5 - 2,3 $\mu\text{M}$ de Zn	0,05 - 0,1 Zn

Fonte: ALBERONI (1998)

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. Área de estudo

A pesquisa foi realizada no Centro de Tecnologia e Estudo do Agronegócio - CeTeAgro, pertencente ao Instituto Salesiano São Vicente da Universidade Católica Dom Bosco (UCDB) localizada em Campo Grande, MS, região de coordenadas: 20°26'34" S e 54°38'47" O, com 532 metros de altitude.

A pesquisa foi desenvolvida entre os meses de janeiro de 2019 a janeiro de 2020, utilizando as instalações da casa de vegetação e laboratório. A condução do trabalho se deu em uma série de etapas descritas na Figura 4.

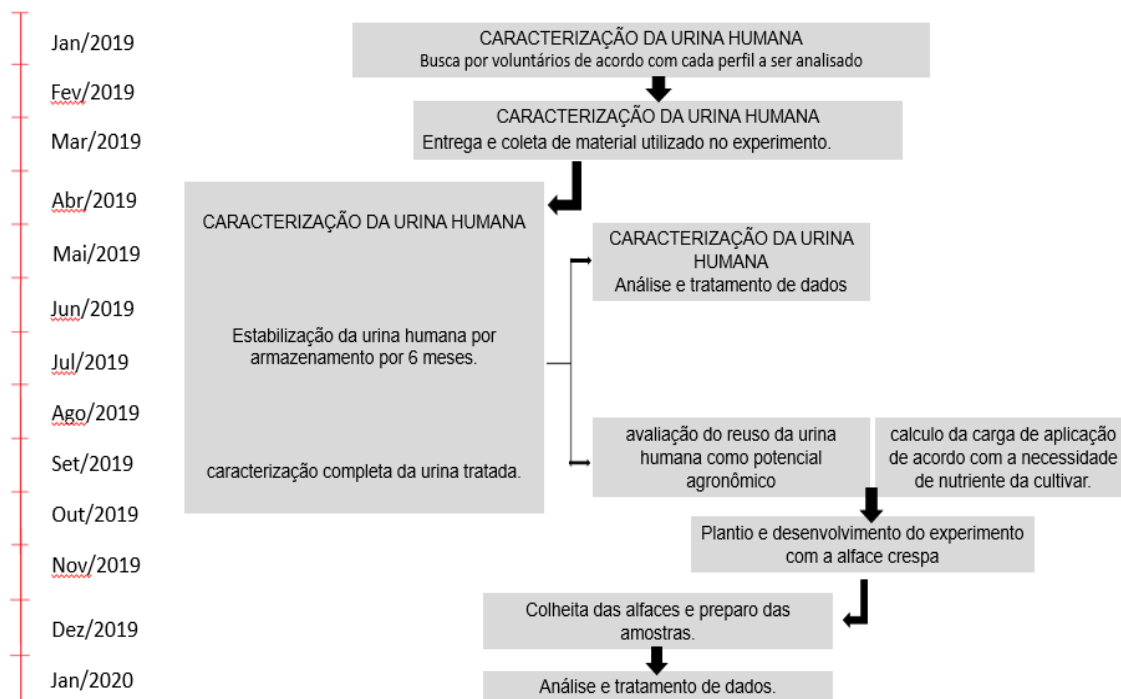


Figura 4 - Fluxograma das etapas experimentais do projeto.

### 4.2. Aparato experimental

Para início das atividades foram distribuídas para cada voluntário do experimento, 4 unidades de garrafas de polietileno com capacidade de 1 L, esterilizadas com álcool e água, para a coleta de urina e posteriormente serem armazenadas em recipientes maiores para continuação do estudo. As garrafas foram identificadas por meio de números e siglas referentes a faixa etária e sexo de cada pessoa respectivamente, com período da coleta da urina humana dos voluntários de 15 dias.

Como podemos observar pela Figura 5, os galões são de materiais semelhantes (polietileno), feitos de termoplástico, polímero artificial resistente.



Figura 5 - Reservatórios para tratamento por armazenamento das amostras de urina em ambiente claro e escuro. Legenda: (a) Reservatório representando ambiente claro; (b) Reservatório representando ambiente escuro.

Fonte: Elaboração própria.

O armazenamento da urina foi realizado de duas formas: com galão específico para armazenamento de água mineral (a), com transparência que permite a entrada de luz, capacidade de armazenamento de 20 litros e sem tampa de vedação. O reservatório de bombona plástica (b), com capacidade de 50 litros apresentava material de coloração escura e leitosa que dificulta a passagem de luz, geralmente utilizado e ideal para armazenar produtos de limpeza, combustíveis, água, entre outros líquidos.

Os reservatórios de armazenamento foram selecionados com o intuito de verificar a possível diferença no tratamento das unidades, sendo colocados em ambientes distintos para avaliar a diferença na concentração de nutrientes e a influência da temperatura na urina armazenada, quando exposta a um ambiente com maior incidência de luz e calor e um ambiente protegido. Dessa forma, os ambientes foram classificados como claro e escuro, sendo o claro os reservatórios colocados expostos ao intemperismo, sendo assim mais vulneráveis as variações climáticas e a alta incidência solar, enquanto os que representam o ambiente escuro ficaram abrigados em casa de vegetação e posicionados em local protegido e com menor incidência solar, evitando altas temperaturas.

A medição da temperatura ambiente foi feita através do centro meteorológico existente no CeTeAgro e as temperaturas das urinas dos respectivos reservatórios

foram feitas com termômetro analógico (Astm E-1 12°C -20+102 x 0,2°C Hg 420mm Incoterm 5375) momentos após a coleta mensal da urina humana.

### 4.3. Coleta e preparação da urina

Foram convidadas 35 pessoas para serem voluntários da pesquisa com a doação de urina e preenchimento um termo de consentimento do voluntário com autorização para uso da urina em experimento desta pesquisa.

Os voluntários foram divididos por 3 faixas etárias diferentes, adaptando-as quanto as faixas pré-estabelecidas pelo IBGE: jovens (0 a 19 anos), adulto (20 a 50 anos) e idosos (acima de 50 anos). As adaptações das faixas etárias foram para o grupo dos adultos e principalmente dos idosos, em virtude da dificuldade de encontrar voluntários para a coleta de pessoas acima de 60 anos. Dessa forma, essas amostras foram reduzidas em 10 anos em ambos os grupos. Para cada faixa etária as amostras se subdividiram por gênero e as coletas foram homogeneizadas e encaminhadas para armazenamento nos reservatórios para posterior análise química.

Como mencionado anteriormente, os reservatórios foram diferenciados em 2 ambientes, mostram as Figuras 6, sendo eles: claro e escuro.

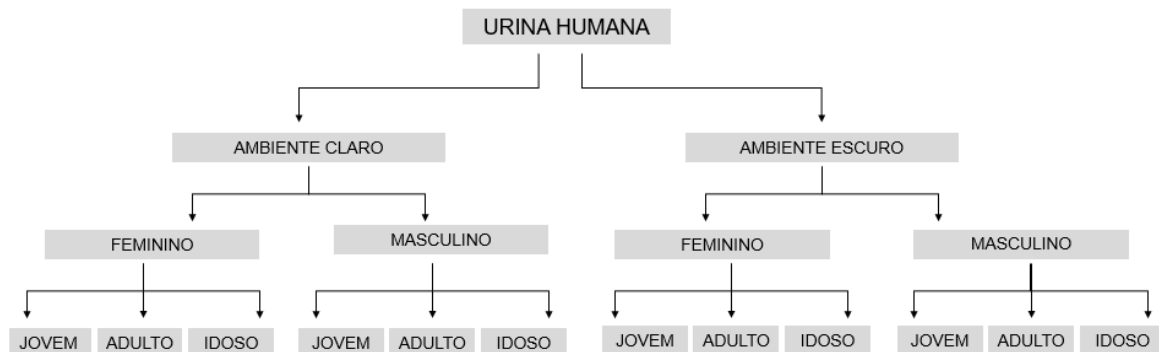


Figura 6 - Fluxograma dos reservatórios de urina por tipo de armazenamento, idade e sexo dos voluntários da pesquisa.

Fonte: Elaboração própria.

Cada ambiente possui 6 reservatórios com efluentes distintos subdivididos por idade e sexo: jovens (masculino e feminino), adultos (masculino e feminino) e idosos (masculino e feminino), consistindo em um sistema de tratamento com doze galões. Os reservatórios conforme indicados na Figura 2, ficaram fechados e a urina foi analisada mensalmente até completarem aproximadamente 180 dias de estocagem.

Ambos os reservatórios possuíam uma torneira, localizada a 10 cm do fundo, por onde foram feitas as coletas das amostras. Foram coletados um total de 140 L de urina divididas em 2 tipos de ambientes (claro e escuro) e três faixas etárias (jovem, adulto e idoso) totalizando 12 galões, com quantidade maior ou igual a 15 litros de urina cada.

Como as torneiras dos galões foram coladas apenas na parte externa do galão para não haver contato com a urina humana, evitando assim uma possível contaminação com a cola.

A urina foi coletada simulando um sistema de mictório seco, de forma evitar a presença de água operada no descarte das excretas, facilitando o tratamento e manipulação dos resíduos e proporcionando uma urina concentrada de nutrientes.

No decorrer dos meses foram realizadas análises de caracterização da urina para observar se houve degradação no decorrer do tempo em que estavam armazenadas.

#### 4.4. Caracterização da urina humana

Após o término da coleta e armazenamento das amostras de urina, as caracterizações foram iniciadas após o primeiro mês de tratamento, e então realizadas a cada 30 dias, perfazendo um total de 180 dias de monitoramento.

As amostragens foram realizadas sempre na mesma faixa de horário (entre as 16h e 17h) no último dia de cada mês. Como nos reservatórios foram instaladas torneiras, antes de cada coleta os galões eram levemente agitados para que houvesse uma homogeneização da urina, as amostras eram coletadas pela torneira, condicionadas e transportadas em 2 tubos falcon de 25 ml, esterilizados e apropriados para coleta até o laboratório, onde eram realizadas as análises. Posteriormente, foram armazenados em ambiente refrigerado até o momento da análise, para preservar as características do efluente sem comprometer a eficiência dos resultados.

Com base nas recomendações de Strasinger (2000), alguns cuidados foram realizados para analisar amostras de urina, como não manipular as amostras sem luvas. O descarte foi feito em uma pia com água corrente e o recipiente onde as amostras foram armazenadas, foram descartadas como lixo com risco biológico.

#### 4.5. Análises físico-químicas

Durante o período de armazenamento da urina nos recipientes, foram realizadas análises dos indicadores pH, fósforo total, Nitrogênio Kjeldahl (NTK), nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato seguindo o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012).

Além das análises descritas anteriormente, foram avaliadas também a variação meteorológica durante o período de experimento, para análise de correlação existente ou não entre as amostras dispostas nos reservatórios.

##### 4.5.1. Delineamento estatístico para condução da caracterização da urina.

A caracterização qualitativa da urina foi executada em quatro testes estatísticos. A fim de nos auxiliar na interpretação dos resultados, foi nos informado pelos voluntários do projeto que os mesmos urinaram nos recipientes apenas no horário que estavam em casa, ou seja, fora do horário de trabalho e período escolar.

Os diferentes aspectos de projeto foram considerados no delineamento estatístico de casualização da urina. Para caracterização do efluente e de suas condições sanitárias, foram avaliadas as coletas feitas a cada mês de acordo com ambiente em que essas coletas foram dispostas, o sexo e a faixa etária das pessoas envolvidas no experimento.

A partir desta premissa, no primeiro teste a heterogeneidade dos sistemas de tratamento foi em esquema fatorial  $2 \times 3 \times 2$ , sendo armazenados em 2 ambientes distintos (claro; escuro), e separados de acordo com 3 faixas etárias (jovens, adultos, idosos) e sexo (Masculino, Feminino) para cada parâmetro analisado.

O segundo teste foi realizado apenas entre os parâmetros que sofreram maior diferença estatística no primeiro teste (N. amoniacal e Fósforo T), sendo avaliado com a mesma heterogeneidade do teste anterior, adicionando a este as 6 análises qualitativas dos 180 dias de armazenamento. Desse modo a heterogeneidade do segundo teste estatístico apresentou esquema fatorial  $6 \times 2 \times 3 \times 2$ .

Os dados coletados em campo foram tabulados e em seguida, submetidos a análise estatística. Os dois primeiros testes estatísticos acima detalhados foram submetidos às análises de variância e comparação de médias, através do teste de Tukey, utilizando-se o programa de análise estatística Sisvar.



Também foram realizados no software livre Past, dois outros testes estatísticos. O primeiro pelo teste de correlação de Pearson, sendo que os valores de  $p < 0,05$  foram considerados significativamente diferentes, observando se houve correlação entre as análises químicas realizadas com os resultados de todos os 180 dias de monitoramento. O segundo teste, a Análise de Componentes Principais (PCA) avaliando o comportamento das amostras considerando todas as variáveis de ambiente, perfil e sexo durante cada época de monitoramento em mesmo período.

#### 4.6. Produção agronômica

Para a realização da segunda etapa do trabalho foram plantadas culturas de alface crespa (*Lactuca sativa* var *crispa* L) a fim de observar qual o potencial da urina humana como fertilizante e reaproveitar os nutrientes presentes nesta, analisando parâmetros de crescimento e nutrição da planta.

##### 4.6.1. Preparo do experimento

O experimento foi realizado em casa de vegetação localizada na Fazenda Escola da Universidade Católica Dom Bosco (UCDB) e plantados em vasos de 5 dm<sup>3</sup> onde a cultura utilizada foi a alface crespa, com aplicação da urina humana armazenada após os 180 dias em ambiente claro e escuro, separada de acordo com as faixas etárias, para verificar qual sistema proporcionou melhor desenvolvimento e aporte nutricional para a cultura.

O sistema de plantio seguiu o mesmo utilizado para a caracterização da urina humana, com faixas etárias separadas (jovens, adultos e idosos), porém sem a subdivisão por sexo. Também houve a inserção de um tratamento sem diferença de faixa etária, ou seja, o produto da mistura da urina humana todos os perfis de idade, representando um ambiente doméstico comum, sem a miscigenação das idades apenas do ambiente de armazenamento. Essas diferenças representam como um sistema descentralizado se comportaria, sendo residencial em que em geral encontra-se a maior miscigenação de pessoas e idades no mesmo local ou comercial representado por escolas e creches e asilos em que a maior quantidade de pessoas corresponderá a um perfil de idade específico.

Dessa forma o delineamento estatístico do sistema para o cultivo com urina humana contou com 8 tratamentos e 4 repetições, com esquema fatorial 2x4,

armazenados em 2 ambientes distintos claro (C) e escuro (E) e 4 perfis jovens, adultos, idosos e a mistura de todos os perfis da urina humana, representado respectivamente pelas siglas (UH – J; UH – A; UH – I; UH) respectivamente como mostrado na figura 7.

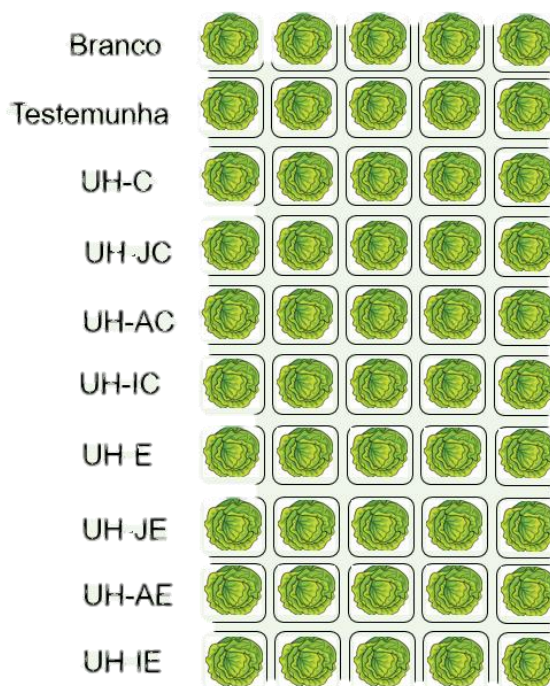


Figura 7 - Delineamento estatístico da produção agrônoma com urina humana.

As amostras consideradas Branco (Br) são apenas solo molhado com água e o Testemunha (Pd) com complemento químico, sendo ambas para fins de comparação com os resultados obtidos as parcelas fertilizadas com urina humana.

#### 4.6.2. Cálculo da demanda de urina e aplicação

Com a caracterização físico-química da urina humana foi possível calcular o volume de urina aplicado por vasos, a partir da dosagem de nutrientes requerida especificamente para a cultura, podendo-se aplicar uma quantidade de nitrogênio de 200 kg/ha para transplântio da cultura da alface, segundo Ferreira (2002).

O cálculo foi baseado utilizando uma média da concentração de Nitrogênio, adotando uma perda por volatilização da amônia de 25% no momento da aplicação, gerando um volume de aplicação de 300 ml planta<sup>-1</sup>. Considerou-se a camada arável do solo de 0,2 m de profundidade, resultando um total de 2000000 dm<sup>3</sup> em 1 ha. A partir disso a dose padrão de nitrogênio é de 0,1 g dm<sup>-3</sup> de solo (200000 g de nitrogênio

/ 2000000 dm<sup>3</sup> de solo), determinado para um volume requerido de 5 dm<sup>3</sup>, sendo este volume aplicados sem diluição e subdividido em 4 taxas de 75 ml semana<sup>-1</sup>.

As amostras com adubação química foram dosadas 9 g de NPK (4 – 14 – 8) por unidade de planta, seguindo a mesma necessidade de nitrogênio e área requerida para plantio.

Os substratos escolhidos foram, o composto orgânico comercial e vermiculita, misturados na proporção de 50% cada. A cultura escolhida foi a alface crespa, sendo as mudas compradas e transplantadas com aproximadamente 25 dias em vasos de polietileno e molhadas com água diariamente no turno da manhã e da tarde.

Após 30 dias da transposição das mudas, aproximadamente o tempo de desenvolvimento das plantas, elas foram coletadas e feitas as análises laboratoriais para obtenção dos rendimentos agrônômicos e nutricionais.

#### 4.6.3. Análise de Crescimento Agrônômico

Para avaliar o desenvolvimento das plantas de alface, os parâmetros analisados para os aspectos agrônômicos foram: volume da raiz, comprimento da raiz, peso total, peso da raiz, peso das folhas e peso seco atendendo aos critérios dos “Métodos de Análise de Tecidos Vegetais” utilizados na EMBRAPA Solos (EMBRAPA, 2000).

#### 4.6.4. Análises de nutrientes

Para realizar as análises, o vegetal colhido foi lavado com água deionizada, separando em partes, aérea e raiz, e colocado para secar em estufa de ventilação a 65°C até a massa se tornar constante. A partir disso determinou-se a matéria seca. Após este processo foram feitas as análises nutricionais da alface, a fim de determinar os teores de macro e micronutrientes conforme método descrito por Bataglia et al. (1983).

As análises de nutrientes apresentam as relações de ganho nutricional, sendo analisados os parâmetros da folha e raiz e substrato: Nitrogênio Total, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, Enxofre, Cobre, Ferro, Manganês, Zinco, Alumínio e Boro usando de base os métodos descritos por Bataglia et al. (1983).

Além dos parâmetros de saturação de bases como Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e relações da capacidade de absorção de nutrientes do solo com o Carbono, Magnésio e Potássio (Ca/CTC, Mg/CTC, K/CTC), Al+Hidrogênio (H)/CTC,

Carbono e Magnésio (Ca/Mg), Carbono e Potássio (Ca/K), Magnésio e Potássio (Mg/K), pH em (CaCl/H<sub>2</sub>O), além da matéria orgânica e carbono orgânico.

#### 4.6.5. Análise dos dados

Todos os resultados das análises de desempenho agrônomo, micronutrientes presentes nas amostras, foram compilados e submetidos a Análise de Variância (ANOVA), utilizando-se o teste de Tukey, aplicado no software Sisvar.

Os parâmetros escolhidos para as análises foram os de massa fresca (peso das folhagens recém-colhidas), massa seca (peso das folhagens desidratadas), raiz (comprimento, volume e massa) e massa total (peso da massa fresca das folhas mais peso da raiz).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. Caracterização da urina humana

Neste item discute-se a caracterização qualitativa da urina humana, de acordo com os sistemas de armazenamento utilizado em ambiente claro e escuro, sexo dos voluntários separados em 3 grupos de acordo com a faixa etária. No teste estatístico mostrado na Tabela 7, avaliou-se a caracterização qualitativa da urina humana, de acordo com o Perfil (jovem, adulto, idoso) x Ambiente (claro e escuro) x Sexo (feminino, masculino), sendo que as letras maiúsculas comparam os tratamentos pelo perfil de idade e as letras minúsculas comparam respectivamente ambiente e sexo.

Tabela 7 - Concentração dos nutrientes presentes na urina humana, analisando apenas faixa etária, ambiente e sexo.

Parâmetro		Fósforo T.			NTK			Nitrito		
Ambiente	Sexo	Jovem	Adulto	Idoso	Jovem	Adulto	Idoso	Jovem	Adulto	Idoso
Claro	Feminino	129,4 (A a a)	123,4 (B a b)	133,2 (A a b)	3058,7 (A a a)	2789,1 (B b a)	2997,4 (A b a)	5,7 (A a a)	4,6 (B a a)	5,5 (A b a)
	Masculino	122,2 (C b b)	133,7 (B a a)	141,8 (A a a)	3066,9 (A a a)	2767,9 (B b a)	3043,6 (A b a)	5,4 (A a a)	3,4 (B a b)	5,6 (A a a)
Escuro	Feminino	114,8 (B b b)	112,3 (B b b)	131,5 (A a b)	3091,7 (B a a)	3185,8 (AB a a)	3268,2 (A a a)	5,1 (B b b)	3,2 (C b a)	6,1 (A a a)
	Masculino	131,5(AB a a)	129,1 (B a a)	137,1 (A b a)	3130,8 (B a a)	3101,7 (B a a)	3345,4 (A a a)	5,8 (A a a)	3,2 (B a a)	5,3 (A a b)

Parâmetro		N. Amoniacal			Nitrato		
Ambiente	Sexo	Jovem	Adulto	Idoso	Jovem	Adulto	Idoso
Claro	Feminino	2309,4 (A a a)	2085,5 (B b b)	2099,0 (B b b)	9,6 (B a a)	9,84 (B a a)	12,1 (A a a)
	Masculino	2039,5 (B b b)	2326,7 (A a a)	2365,0 (A b a)	9,7 (B a a)	9,97 (B b a)	11,4 (A b b)
Escuro	Feminino	2363,4 (B a b)	2344,7 (B a a)	2595,1 (A a a)	9,7 (B a a)	9,33 (B a b)	11,3 (A b b)
	Masculino	2455,2 (B a a)	2405,3 (B a a)	2583,3 (A a a)	8,8 (C b b)	10,65 (B a a)	12,0 (A a a)

Analisando apenas os tratamentos independentes do tempo de armazenamento, foi possível constatar que em todos os parâmetros químicos dos nutrientes, que os idosos foram os que apresentaram maiores concentrações, seguido respectivamente pelos jovens e adultos.

No tratamento jovem, apesar de apresentarem semelhança estatística com os adultos em ambiente escuro nos parâmetros Fósforo, NTK,  $\text{NH}_4\text{-N}$  e Nitrato, os jovens apresentaram concentrações mais altas que os adultos em todos os parâmetros, exceto os tratamentos JFE no NTK e JME para o Nitrato. Para o ambiente claro os jovens também apresentaram as maiores concentrações em todos os parâmetros com exceção do nitrato para ambos os sexos, Fósforo e N. Amoniacal para o tratamento JMC.

No Fósforo, houve diferenças estatísticas em todas as variáveis, sendo faixa etária a que mais apresentou diferença, principalmente em ambiente claro do sexo masculino, com as maiores concentrações respectivamente encontradas nos idosos, adultos e jovens. Houve diferenças entre os ambientes e o sexo dos voluntários, sendo que apenas neste parâmetro o ambiente claro se destacou, principalmente para os idosos e adultos e em relação a variável sexo, o masculino foi o com as maiores concentrações com exceção do tratamento JFC.

Além da faixa etária, o NTK apresentou diferença estatística apenas quanto ao ambiente. Neste, houve diferença entre claro e escuro apenas para os adultos e idosos, com as maiores concentrações encontradas nos idosos em ambiente escuro.

Como já mencionado anteriormente, houve diferenças estatísticas na faixa etária para o N. Amoniacal. Essa diferença se evidenciou com os idosos de ambiente escuro, apresentando maiores concentrações que os jovens e adultos, porém no ambiente claro o melhor tratamento foi o jovem de sexo feminino (A) prevalecendo-se aos adultos e idosos, no sexo masculino os jovens apresentaram a concentração mais baixa (B), não havendo diferença estatística entre o adulto e idoso (A).

Avaliando a variável ambiente, assim como o N. Amoniacal, a maioria dos nutrientes com fontes de nitrogênio apresentaram menor perda de concentração no ambiente escuro. Ao analisar o sexo, no ambiente escuro só houve diferença para os jovens sendo sexo masculino a maior concentração, porém no ambiente claro essa diferença ocorreu nas 3 faixas etárias, com as maiores concentrações encontradas no sexo masculino para ambos ambientes para os adultos e idosos e em sexo feminino para os jovens.

O nitrato apresentou menores perdas de concentração dos idosos (a) de ambos ambientes, sendo estatisticamente diferente das demais faixas etárias. Porém entre estes, somente houve diferenças estatísticas para o sexo masculino em ambiente escuro. Avaliando o ambiente das amostras, para o sexo feminino só houve diferença estatística para os idosos, enquanto no sexo masculino ocorreu diferença estatística em todas as faixas etárias, se destacando o ambiente escuro novamente. A variável sexo mostrou que em ambiente claro, só os idosos apresentaram diferença estatística, prevalecendo o sexo feminino, enquanto no ambiente escuro para os adultos e idosos prevaleceu o sexo masculino (a).

No nitrito, além dos idosos, os jovens apresentaram semelhança estatística (A), exceto pelo tratamento JFE, mostrando que os adultos apresentaram as menores concentrações deste nutriente. Em relação aos ambientes claro e escuro, houve diferença estatística apenas para o sexo feminino nas três faixas etárias, estando o ambiente claro com as maiores concentrações. Ao avaliar o sexo, no ambiente claro a diferença estatística ocorreu apenas para os adultos, sendo o sexo feminino o de maior concentração. No ambiente escuro não houve diferença estatística para os adultos, no tratamento jovem a maior concentração foi do sexo masculino e nos idosos do sexo feminino.

Os resultados qualitativos na Tabela 7 representam uma pequena variação na concentração das diferentes formas do nitrogênio em relação ao grupo de pessoas estudadas. Entretanto, apesar das diferenças estatísticas existentes entre todos os parâmetros e tratamentos, podemos observar que houve um prevalecimento nos tratamentos de idosos de ambos os sexos, porém o que apresentou maior concentração de nutrientes entre ambos foi o sexo masculino.

O sexo (masculino e feminino) foi o tratamento que apresentou diferença estatística em menor número comparado ao ambiente e faixa etária. Em relação aos parâmetros, os que apresentaram mais diferenças estatísticas foram respectivamente o fósforo e N. Amoniacal, sendo estes os mais afetados pelo tempo de armazenamento, temperatura e pH. Diante disso, observa-se na Tabela 8 os resultados do mesmo teste estatístico realizado, agora com os parâmetros Temperatura, Condutividade e pH respectivamente.

Tabela 8 - Variação de temperatura (°C), pH e condutividade elétrica (mS.cm<sup>-1</sup>) da urina humana, analisando apenas faixa etária, ambiente e sexo.

Parâmetro		Temperatura			Condutividade		
Ambiente	Sexo	Jovem	Adulto	Idoso	Jovem	Adulto	Idoso
Claro	Feminino	29,1 (AB a a)	29,0 (B a a)	29,3 (A a a)	41,6 (A a a)	42,5 (A b b)	37,7 (B b a)
	Masculino	29,1 (A a a)	29,0 (A a a)	29,0 (A a b)	42,4 (B b a)	45,0 (A a a)	38,3 (C a a)
Escuro	Feminino	25,9 (A b b)	25,4 (B b a)	25,7 (A b a)	41,0 (B a b)	46,1 (A a a)	39,9 (B a a)
	Masculino	26,4 (A b a)	25,3 (B b a)	25,5 (B b b)	45,3 (A a a)	45,3 (A a a)	37,3 (B a b)

Ph					
Ambiente	Sexo	Jovem	Adulto	Idoso	
Claro	Feminino	9,1 (A a a)	8,9 (A a a)	8,0 (B b b)	
	Masculino	9,0 (A a a)	9,0 (AB a a)	8,8 (B b a)	
Escuro	Feminino	9,1 (A a a)	9,0 (A a a)	9,0 (A a a)	
	Masculino	9,2 (A a a)	9,1 (A a a)	9,1 (A a a)	

Como visto na Tabela 8, a estatística confirma que o ambiente claro foi o que proporcionou maiores valores de temperatura, pois estavam expostos ao sol enquanto os galões de ambiente escuro estavam abrigados na casa de vegetação. As variáveis sexo e perfil de idade mostraram que o posicionamento e a disposição dos galões interferiram na temperatura das amostras, pois reservatório que continha a urina dos adultos ficaram no meio dos reservatórios dos jovens e idosos, recebendo então menos incidência de luz e calor pois tinha menos superfícies expostas. Já de acordo com o sexo, estes apresentaram diferença estatística em ambiente claro apenas para os idosos, enquanto no ambiente escuro está entre os idosos e jovens.

A condutividade mostrou maiores valores para os adultos de ambos os ambientes, porém o escuro foi o que teve valores de condutividade mais altos. Para os tratamentos feminino claro e masculino escuro, os jovens e os adultos não apresentaram diferença estatística entre eles (A), apenas os idosos com os valores mais baixos (B). Já o tratamento masculino claro, os três perfis apresentaram diferença estatística sendo o teor mais alto dos adultos (A) e mais baixo dos idosos (C). No tratamento feminino escuro, a única diferença estatística foi dos adultos (A), com a maior condutividade em relação aos jovens e adultos (B). A variável ambiente mostrou diferença estatística para os adultos e idosos do sexo feminino e jovens do sexo masculino, com maior teor em ambiente escuro. Já para a variável sexo, a condutividade não teve diferença estatística no ambiente claro para os jovens e idosos e no ambiente escuro para os adultos, porém as maiores condutividades encontradas estão no sexo feminino.



No parâmetro pH, o ambiente escuro foi o ambiente que apresentou valores superiores a 9 em todos os tratamentos, porém não houve diferença estatística entre os sexos e perfis de idades para os jovens e adultos. Os idosos apresentaram diferença estatística, sendo que os valores mais altos estão no ambiente escuro e para variável sexo são do masculino.

Devido as diferenças estatísticas encontradas em maior número dos parâmetros Fósforo e N. Amoniacal e sua possível interação com estes últimos parâmetros analisados objetivou-se avaliar estatisticamente os parâmetros anteriormente analisados (pH, temperatura e condutividade) com o período de armazenamento submetido, podendo avaliar todos os parâmetros e seu comportamento com o decorrer dos dias. Desse modo, como o experimento iniciou em maio e durou 180 dias, percorrendo três estações do ano (outono, inverno e primavera), podemos avaliar a influência da temperatura e sua variação nos dias de amostragem durante todo o período, como mostrado na figura 8.

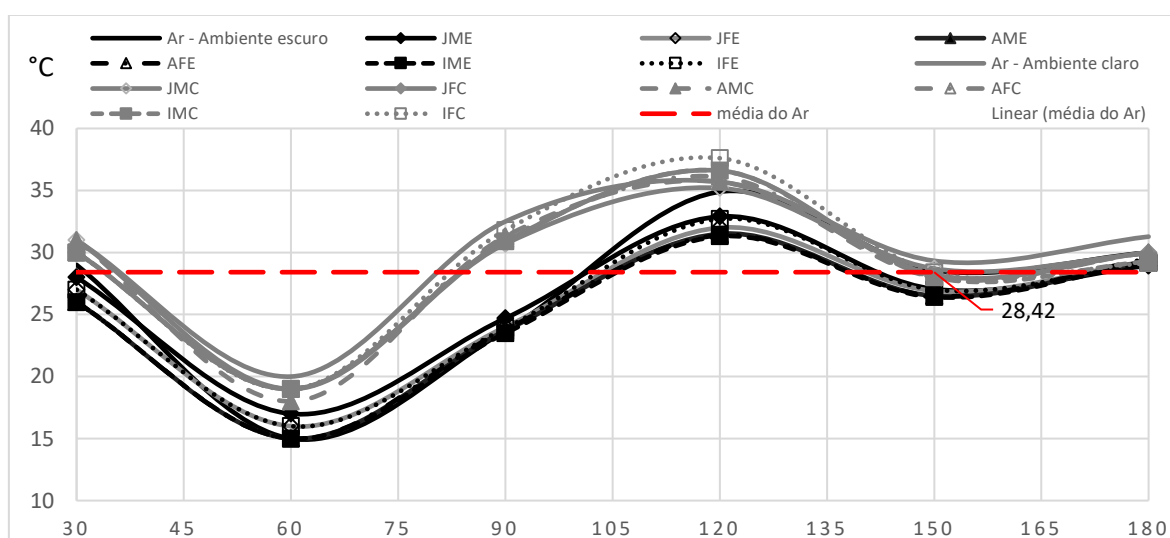


Figura 8 - Variação da temperatura durante os 180 dias de armazenamento da urina.

Fonte: Elaboração Própria

A temperatura das amostras após as coletas dos recipientes teve uma variação de 1 a 2°C, que por sua vez foi influenciado pela temperatura do ar. A diferença em relação aos dois tratamentos é que o ambiente claro recebeu maior influência do intemperismo do que o ambiente escuro, abrigado de modo a evitar incidências solares e calor.

A temperatura no começo do período de estocagem apresentava valores mais baixos em virtude de que o início do armazenamento foi durante o final do outono, com climas mais frios, e o final ocorreu na primavera em que há o aumento gradual

da temperatura. Por estar exposto, o ambiente claro apresentou durante todo tempo temperaturas maiores que o ambiente escuro durante todos os períodos de monitoramento, com uma diferença média de 3,5°C entre os ambientes.

De acordo com a Figura 8, a temperatura da urina dentro dos reservatórios se manteve próxima a temperatura ambiente durante todo o período de armazenamento, sendo que a temperatura média da urina nos ambientes claro e escuro foi de respectivamente 29,09 e 25,7°C e do ar de 28,42.

A temperatura é uma barreira eficaz para o desenvolvimento dos microrganismos segundo Gonçalves et al. (2016) que observou em seus estudos com a temperatura, que uma parte da amônia presente na urina poderia ser liberada e causar a elevação do seu pH. Se o pH atinge valores superiores a 8,5, pode ocasionar a inativação de alguns eventuais microrganismos que poderiam estar presentes, acelerando o processo de desinfecção.

Sabe-se que o pH da urina humana ao sair da uretra apresenta valores próximos a 6,0, possuindo caráter ácido e tende a aumentar pela ação da bactéria sobre a ureia e formação de amônia (Lopes, 2004). O aumento do pH é um dos fatores que favorece a precipitação da estruvita ( $MgNH_4PO_4$ ) e de cristais de fosfato de cálcio ( $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ ) e a urina quando estocada tem seu pH indo de básico para alcalino em virtude do tempo de estocagem.

Durante todo o período de armazenamento da urina, com exceção dos valores de IFC, após os 90 dias, as maiores variações de pH foram mais marcantes no início do monitoramento com valores entre 7,8 e 9,08, sendo que a média de todo o período estocado foi de  $8,95 \pm 0,52$ . Essas variações se mostraram menores a partir dos 150 dias de armazenamento mostrado na Figura 9.

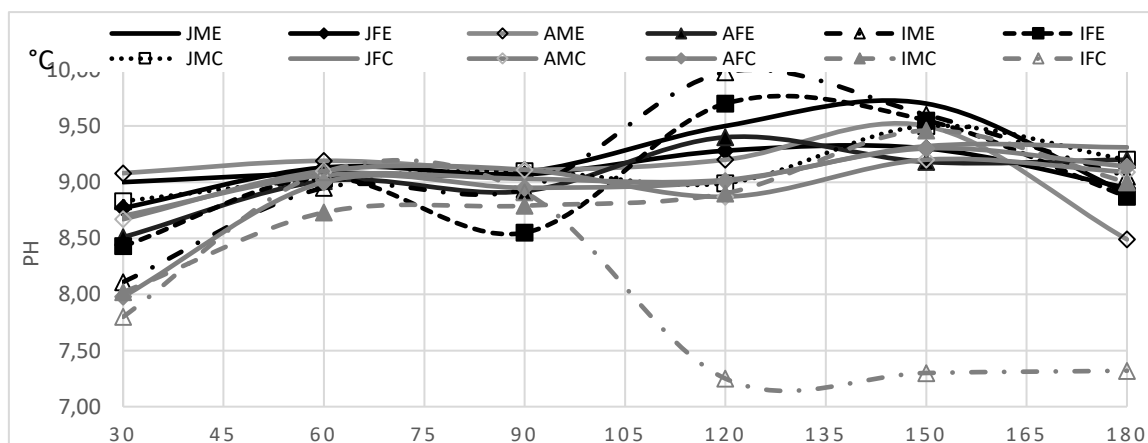


Figura 9 - Variação do pH dos tratamentos da urina durante os 180 dias de armazenamento da urina humana.

Fonte: Elaboração Própria

Avaliando o pH, no início dos 30 dias de monitoramento em que a urina permaneceu estocada, o pH aumentou e a taxa de variação entre os 60 a 90 dias foi parecida para ambos os tratamentos. Seu aumento é devido a formação de amônia pela hidrólise da ureia.

Como o gráfico representa uma média entre os sexos e gênero de idade das coletas durante o período de armazenamento e que ambos apresentaram muitas variações até os 150 dias de armazenamento, o tratamento que influenciou na variação de pH foi a amostra de idosos do sexo feminino armazenada em ambiente claro (IFC) em virtude à perda de amônia devido a rachaduras no galão, que possibilitou trocas gasosas e provocou as perdas de nutrientes e redução do pH.

Como observada pelo gráfico a amostra de idosos do sexo feminino armazenada em ambiente claro (IFC) mostra um decréscimo pH aos 120 dias de estocagem e se manteve estável até os 180 dias de armazenamento. Esta diminuição pode ocorrer em virtude à perda de amônia, pois devido à exposição intensiva ao intemperismo provocou rachaduras nas paredes de cima do galão, possibilitando trocas gasosas que permitem que essas perdas de nutrientes aconteçam através da volatilização.

Quando se tem o objetivo de reuso agrícola da urina, é importante que a disponibilidade de nitrogênio para a planta não seja amplamente comprometida pelo processo de hidrólise, pois, a necessidade de maiores volumes aumentará diretamente proporcional à sua redução na concentração. Também é necessário avaliar o efeito desta nas plantas e solo de médio e longo prazo, uma vez que a elevada condutividade indica um alto potencial de salinização do solo.

A condutividade do reservatório referente ao idoso masculino escuro (IME) apresentou a menor variação de valores dentre os tratamentos como podemos observar na Figura 10, ao contrário do tratamento jovem feminino escuro (JFE) que foi o tratamento que mais apresentou variação da condutividade.

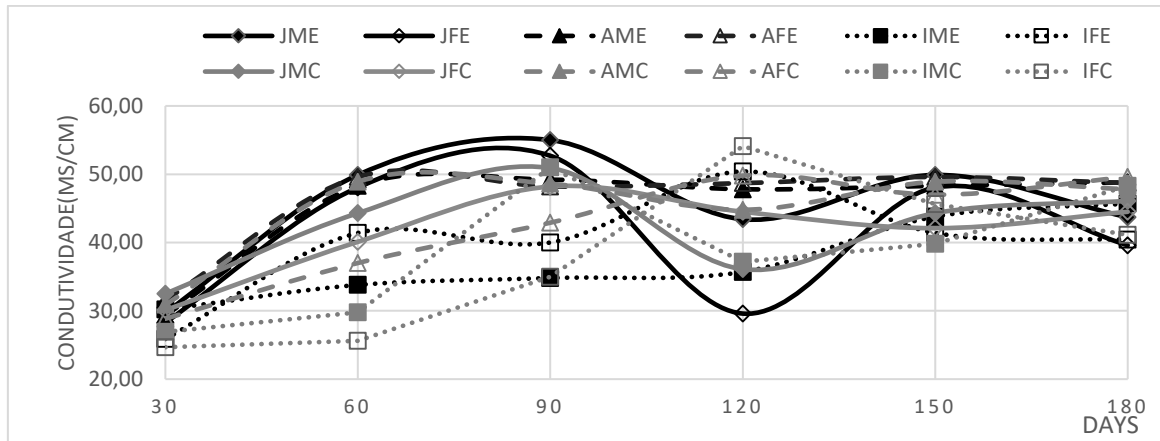


Figura 10 - Variação da condutividade dos tratamentos da urina durante os 180 dias de armazenamento.

Fonte: Elaboração Própria

A condutividade não apresentou diferença estatística durante o primeiro mês de armazenamento. Até os 120 dias, o ambiente escuro apresentou valores bem mais elevados que o ambiente claro, porém a partir deste período, houve uma maior variação nos valores de condutividade até os 180 dias.

A condutividade média aos 30 e 180 dias de armazenamento da urina foi de  $29,08 \text{ mS.cm}^{-1}$  e  $45,36 \text{ mS.cm}^{-1}$  respectivamente, valor este bem próximo ao encontrado por Ronteltap et al., (2010) de  $36 \text{ mS.cm}^{-1}$  a  $20,7^\circ\text{C}$ ; Etter et al., (2011) de  $22,6 \text{ mS.cm}^{-1}$  a  $25^\circ \text{C}$ .

Podemos ver pela Figura 10 que a condutividade em todos os reservatórios apresentou valores bem próximos no primeiro mês de monitoramento da urina sendo a média de  $28,99 \text{ mS.cm}^{-1}$  para o ambiente claro e  $29,17 \text{ mS cm}^{-1}$  para o ambiente escuro. Até os 90 dias, o ambiente claro permaneceu apresentando valores de condutividade menores que o ambiente escuro, em virtude da perda de amônia por volatilização que ocorreu em maior concentração. Após este período, os resultados de ambos os sistemas ficaram mais próximos com média de respectivamente  $46,23$  e  $44,48 \text{ mS cm}^{-1}$ .

A condutividade elétrica está relacionada com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente, uma menor condutividade é afetada em virtude da perda de amônia por volatilização, causando assim, uma diminuição na concentração de íons amônio ( $\text{NH}_4^+$ ). Na Figura 11, podemos observar a variação da concentração de amônia ao longo dos 180 dias de monitoramento.

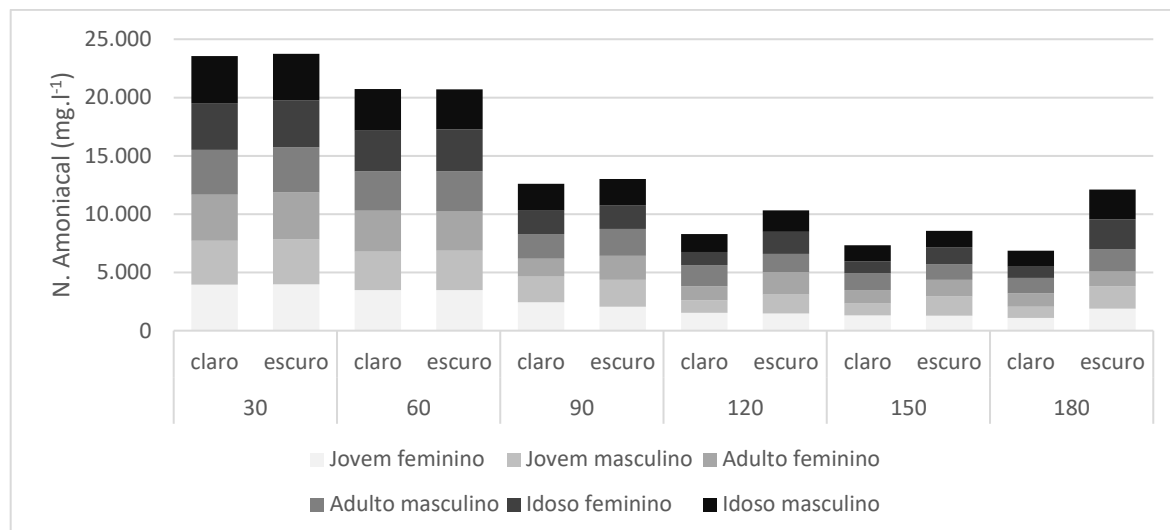


Figura 11 - Concentração mensal do N. Amoniacal durante os 180 dias de armazenamento da urina humana.

Fonte: Elaboração Própria.

Como pôde ser visto, houve alterações nas concentrações de N. Amoniacal ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) durante o período em que a urina ficou armazenada. As concentrações iniciais de NTK e  $\text{NH}_4\text{-N}$  mostram que no primeiro mês, quase 78% do Nitrogênio total da urina humana estava sendo encontrada como amônia resultado do processo de hidrólise. Após os 180 dias de armazenamento, com a depleção dos nutrientes supracitados, aproximadamente 71% e 49% da concentração inicial de  $\text{NH}_4\text{-N}$  foram perdidos no ambiente claro e escuro. Esses níveis de amônia perdidos são atribuídos há vazamentos das torneiras feitas nos galões para melhorar a acessibilidade ao coletar a urina.

Assim como no N. Amoniacal, os demais compostos nitrogenados em ambiente escuro proporcionaram menos perdas de nutrientes que o claro. Apesar do ambiente claro estar vedado com papel filme, este proporcionou uma perda mais significativa dos nutrientes.

Outro ponto importante a se destacar é que apesar das perdas provocadas pelo tempo de armazenamento e temperatura das amostras, foi possível constatar que com 180 dias de monitoramento as perdas de nutrientes tenderam a reduzir e estabilizar, apresentando menores variações nas concentrações.

Através dos dados estatísticos podemos afirmar que a urina humana apesar de apresentar tendências a estabilização da perda dos nutrientes, no início dos 90 dias ocorreu vazamento nas torneiras de todos os galões, pois como a cola que fixa a torneira no galão estava presa apenas para o lado de fora, a fim de evitar

contaminação, com o tempo não resistiu a umidade, fazendo com que houvessem perdas tanto na concentração dos nutrientes como no volume de urina.

As amostras de urina sofreram variações na concentração aos 180 dias, fato que ocorreu em virtude dos processos de volatilização e solubilização que ocorrem no armazenamento. Porém este efeito pode ser notado apenas em ambiente escuro, uma vez que o claro mesmo após o vazamento da urina pela torneira, aos 97 dias, já apresentava sinais de fragilidade do recipiente devido às intempéries do tempo.

Como mostrado na Figura 12, o N. Amoniacal mostrou uma reduzida perda de nutrientes no ambiente escuro ao longo do período de armazenamento em relação ao ambiente claro. Este nutriente, por sua vez, a partir dos 120 dias também apresentaram um aumento na concentração, apesar das variações durante todo período de estocagem mostrado na Tabela 8. Segundo Magri (2013), um pequeno período de armazenamento a urina tende a estabilizar a perda dos nutrientes, porém, em seu estudo com 630 dias de monitoramento, a concentração de amônia varia conforme a temperatura com um longo período de monitoramento em função dos processos de volatilização e solubilização pelo equilíbrio entre a amônia ionizada e não ionizada, variando conforme tempo de armazenamento, temperatura e pH das amostras.

Tabela 9 - Dados estatísticos do N. amoniacal durante os 180 dias de armazenamento

		N. Amoniacal (mg L <sup>-1</sup> )												
Perfil	Sexo	Ambiente	30	60	90	120	150	180						
Jovem	Feminino	Claro	3.963	A a a a	3.494	B a a a	2.447	C a a a	1.547	D a a a	1.310	De a a a	1.095	E a a b
		Escuro	3.990	A a a a	3.472	B a a a	2.046	C a a b	1.480	E b a a	1.297	E a b a	1.895	C b a a
	Masculino	Claro	3.751	A b b a	3.282	B b b a	2.177	C b b a	1.046	D c b b	1.008	D b b b	974	D b a b
		Escuro	3.832	A a a a	3.398	B a a a	2.307	C a a a	1.632	D a b a a	1.646	D a a a	1.916	D b a a
Adulto	Feminino	Claro	3.960	A a a a	3.512	B a a a	1.549	C c b b	1.210	D b b b	1.154	D b b b	1.128	D a b a
		Escuro	4.029	A a a a	3.387	B a a a	2.079	C a b a	1.898	C a a a	1.420	De a a	1.256	D c b a
	Masculino	Claro	3.848	A a b a a	3.386	B a b a a	2.118	C b a a	1.811	D a a b	1.463	E a a a	1.334	E a a b
		Escuro	3.883	A a a a	3.415	B a a a	2.300	C a a a	1.865	E b b a	1.358	E b a a	1.912	D b a a
Idoso	Feminino	Claro	4.004	A a a a	3.473	B a a a	1.993	C b b a	1.145	D b b b	1.024	D b b b	955	D a b b
		Escuro	4.029	A a a a	3.595	B a a a	2.000	D a b a	1.908	D a a a	1.455	E a a a	2.584	C a a a
	Masculino	Claro	4.030	A a a a	3.569	B a a a	2.313	C a a a	1.536	D b a b	1.372	D a a a	1.370	D a a b
		Escuro	3.994	A a a a	3.436	B a a a	2.293	C a a a	1.842	D a a a	1.379	E b a a	2.555	C a a a

A letra maiúscula indica a diferença entre os dias em que a urina humana ficou armazenada, e as letras minúsculas nas linhas separadas por espaço indicam a diferença entre os perfis, sexo e ambiente respectivamente. Médias seguidas da mesma letra na linha e coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Como mostra a Tabela 9, ao avaliar o perfil de idade em relação ao tempo de armazenamento, os idosos se destacaram durante os 180 dias mostradas pelas estatísticas indicadas na segunda letra (a). Porém a partir dos 90 dias começaram a ocorrer diferenças, principalmente para o tratamento Idoso e adulto feminino claro com concentrações inferiores aos dos jovens até o final do armazenamento, sendo que aos 180 dias apesar da concentração dos idosos (955 mg.l-1) e adultos (1128 mg.l-1) ser inferior à dos jovens de 1095 mg.l-1 não ocorreu diferença estatística entre os três perfis de mesmo tratamento.

Outros dois tratamentos também apresentaram diferença estatística similar, sendo eles idoso masculino claro apenas aos 120 dias e idoso masculino escuro aos 150 dias. Nestes mesmos períodos, os perfis jovem masculino claro e idoso de mesmo tratamento apresentaram valores de N. amoniacal inferiores ao perfil adulto. Como afirmado anteriormente a condutividade é um indicativo da volatilização da amônia, e estes tratamentos assim como no N. amoniacal apresentaram respectivamente 36,1 e 37,2 mS cm<sup>-1</sup>, enquanto o adulto com 44,8 mS cm<sup>-1</sup>. Além deste, o pH dos perfis jovem e idoso mesmo não apresentando diferença estatística foram maiores que os adultos. Este fato que pode ter colaborado para uma maior degradação dos nutrientes dos perfis jovens e idosos em relação ao adulto (a), fazendo com que este apresentasse concentração de amônia maior que os demais, mostrado na tabela 9 pela diferença estatística.

Ao decorrer dos últimos 60 dias de armazenamento, a urina de jovem e idoso apesar da degradação dos compostos nitrogenados estar mais estável e abaixo de 20%, os jovens com degradação de aproximadamente 6% menor que os adultos, ou seja, mais estável, mostrou valores inferiores a ambos os demais perfis de idade com diferença estatística (b), enquanto adulto e idoso ambos semelhantes estatisticamente (a).

No ambiente escuro, os tratamentos adulto masculino e jovem de ambos sexos apresentaram semelhança estatística aos 120 e 180 dias, com concentrações de amônia inferiores aos dos idosos de 1842,32 e 2555,42 mg L<sup>-1</sup> respectivamente. Porém o tratamento masculino jovem (1632,07 mg L<sup>-1</sup>) mesmo sendo inferior também mostrou semelhança estatística com os idosos aos 120 dias.

Aos 150 dias, não houve diferença estatística entre os perfis e idade no ambiente claro, enquanto que no ambiente escuro o perfil jovem se sobressaiu aos outros com 1645,8 mg L<sup>-1</sup>, sendo que estes, adultos e idosos, não apresentaram diferença estatística.

Em relação a influência do sexo na urina humana, nos 60 dias de armazenamento ocorreu diferença estatística apenas entre os Jovens em ambiente claro e este ambiente apresentou mesmo comportamento até os 150 dias, apesar do sexo feminino apresentar concentrações de N. amoniacal mais altas que do sexo masculino nos perfis jovem e adulto. Além deste tratamento, os idosos em ambiente escuro apresentaram concentração em ambiente feminino maiores nos 180 dias de armazenamento da urina, porém a diferença estatística do idoso em ambiente escuro



ocorreu apenas nos 90 dias. Após este período, outros tratamentos apresentaram diferença estatística, sendo estes adultos e idoso feminino em ambiente claro dos 90 aos 180 dias, adulto feminino apenas aos 90 e 180 dias, adulto masculino aos 120 dias e jovem feminino aos 150 dias, sendo estes três últimos ocorreram em ambiente escuro.

Em relação ao ambiente em que as amostras de urina foram submetidas durante o período analisado, observa-se que as concentrações estocadas em ambiente escuro foram mais eficientes comparando a perda de nitrogênio. Porém houve um amplo decréscimo das concentrações de nutrientes por parte de ambos os sistemas de armazenamento do primeiro ao último mês de monitoramento da urina humana.

Nos primeiros 60 dias, apesar do ambiente escuro estar a uma temperatura menor que o ambiente claro, estes não apresentaram diferença estatística. Após os 90 dias de armazenamento da urina essas diferenças estatísticas apareceram e se intensificaram a partir dos 120 dias, sendo o ambiente escuro o que apresentou maior concentração de nitrogênio disponíveis comparado ao ambiente claro, exceto pelos tratamentos jovem feminino (dos 60 aos 150 dias), idoso masculino (dos 60 aos 90 dias), adulto masculino (150 dias) e feminino (60 dias).

Aos 180 dias de armazenamento os valores de N. Amoniacal estavam na faixa de 955 a 2584 mg L<sup>-1</sup>, sendo que as maiores concentrações foram da urina humana em ambiente escuro, mais precisamente dos idosos, visto que estes ao final do armazenamento não apresentaram diferença estatística entre os sexos.

Estes resultados, porém, foram inferiores aos de outros autores com o mesmo tempo de estocagem. Rios (2008) avaliou a diferença na concentração de nutrientes excretados na urina humana de acordo com a faixa etária dos voluntários, sendo que o grupo que apresentou a maior concentração a dos idosos, este mesmo resultado também foi reportado por Zancheta (2007) e Botto (2013).

O ambiente claro, com mais perdas de nutrientes que o escuro, apresentou resultados análogos ao reservatório aberto a partir dos 90 dias de armazenamento, pois como não apresentava fecho hermético, com o longo período de monitoramento e a exposição dos galões às intempéries do tempo, estes fatores podem ter facilitado o escape dos nutrientes. O trabalho de Zancheta (2007) com reservatório aberto, apresentou em 30 dias de monitoramento, concentrações inferiores a 2000 mg L<sup>-1</sup> de N. Amoniacal, enquanto o fósforo foi próximo a 200 mg L<sup>-1</sup>.

Vinneras (2008) com armazenamento de 98 dias apresentou concentração de amônia de  $3150 \text{ mg L}^{-1}$  de N. Amoniacal. Paruch (2012) que estava na Noruega com armazenamento de 1 ano encontrou valores de N. Amoniacal de exposto a temperatura de  $22^\circ\text{C}$  uma concentração de  $12.300 \text{ mg L}^{-1}$ .

Rios (2008) também avaliou a urina humana estocada e ao sexto mês de armazenamento concentrações de N. Amoniacal e Fósforo era de respectivamente  $3500 \text{ mg L}^{-1}$  e  $300 \text{ mg L}^{-1}$ , Magri (2013), em seu estudo com o armazenamento da urina durante 6 meses encontrou resultados de urina humana acima de  $5000 \text{ mg L}^{-1}$  para N. Amoniacal e  $300 \text{ mg L}^{-1}$  para o Fósforo.

O Fósforo T. como mostrado na figura 11, apesar de apresentar no gráfico pouca variação entre os ambientes, na maioria do período de armazenamento a maior concentração de nutrientes foi em ambiente claro com exceção dos 60 e 90 dias de armazenamento.

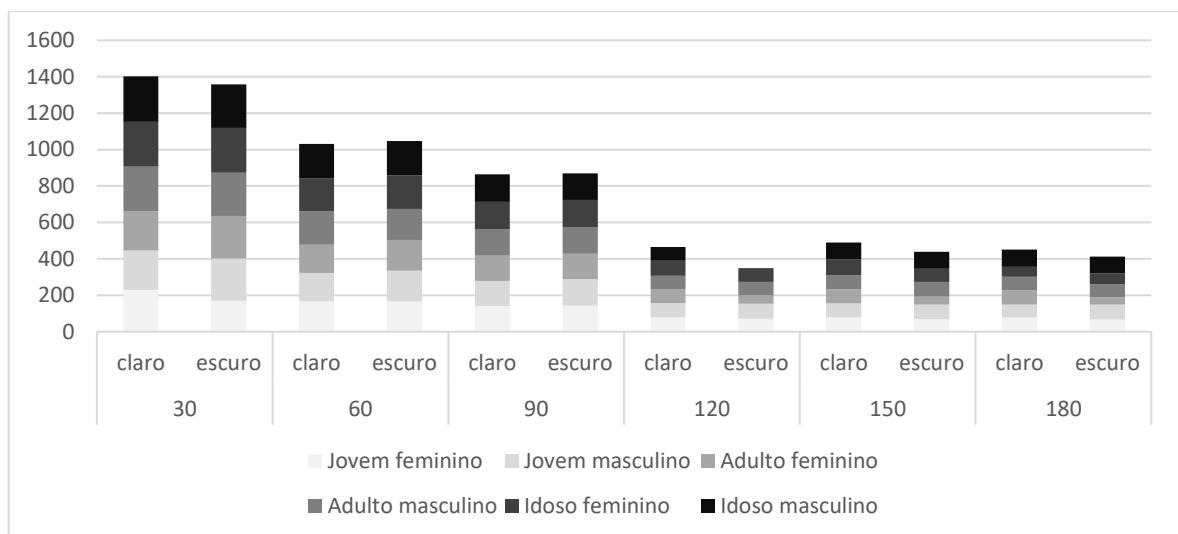


Figura 12 - Concentração de Fósforo durante os 180 dias de armazenamento por tipo de tratamento.

Assim como o  $\text{NH}_4\text{-N}$ , o fósforo após os 180 dias de armazenamento apresentava perda de aproximadamente 68% e 70% da concentração inicial no ambiente claro e escuro respectivamente a uma taxa de decaimento de ambos de aproximadamente  $1,05 \text{ dia}^{-1}$ . As perdas de fósforo podem ser atribuídas a sua precipitação em pH alcalino ( $>7$ ) e a liberação de amônia, ocasionando precipitação de fosfatos na forma de cristais de Hidroxapatita e estruvita.

Ao contrário do N. Amoniacal, o ambiente escuro foi o que proporcionou mais perdas de nutrientes que o claro. Outro ponto importante a se destacar é que apesar das perdas provocadas pelo tempo de armazenamento, foi possível constatar que com 180 dias de monitoramento, conforme aumentou o período de estocagem, a partir dos 120 dias as perdas de nutrientes tenderam a estabilização mesmo com variações nas concentrações.

As concentrações de Fósforo T variaram entre 249,1 a 55,6 mg L<sup>-1</sup> para ambiente claro e 246,2 a 41,7 mg L<sup>-1</sup> em ambiente escuro durante o período de monitoramento como mostrado pela Tabela 10, sendo que a média nos dois ambientes foram de 130,62 e 126,37 mg L<sup>-1</sup> respectivamente.

Tabela 10 - Dados estatísticos do Fósforo T. durante os 180 dias de armazenamento.

		Fósforo T. (mg L <sup>-1</sup> )												
Perfil	Sexo	Ambiente	30	60	90	120	150	180	30	60	90	120	150	180
Jovem	Feminino	Claro	228,9	A b b a	168,1	B a b a a	142	C a a a	80,5	D a a a	78,3	D a a a	78,8	D a a a
		Escuro	169,7	A b b b	166,9	A b a a	143,1	C a a a	71,8	C a a a	69,6	C a a a	67,9	C a b a
	Masculino	Claro	217,3	A b a b	153,8	B b b b	136,3	C b a a	77,7	C a a a	77,2	C b a a	70,6	C b a a
		Escuro	232,3	A a a a	168,5	B b a a	146	C a a a	82,9	D a a a	79,2	D a a a	80,3	D a b a a
Adulto	Feminino	Claro	215,6	A b b b	156	B b b b	139,6	B a a a	73,3	C a a a	77,5	C a a a	78,7	C a a a
		Escuro	234,4	A a a a	169,3	B a b a a	138,4	C a a a	45,4	D b b b	44,1	D b b b	41,7	D b b b
	Masculino	Claro	245,1	A a a a	184,9	B a a a	146,4	C a b a a	75,2	D a a a	77,8	D b a a	72,8	D b a a
		Escuro	235,7	A a a a	169,7	B b a b	145,2	C a a a	72,6	D a b a a	79,8	D a a a	71,6	D b a a
Idoso	Feminino	Claro	245,2	A a a a	180,2	B a a a	148,8	C a a a	83,8	D a a a	85,6	D a a a	55,6	E b b a
		Escuro	246,2	A a a a	184,7	B a a a	149,9	C a a a	75,6	D a a a	72,5	D a b a	60	D a b a
	Masculino	Claro	249,1	A a a a	187,6	B a a a	150,9	C a a a	75,5	D a a a	94,1	D a a b	93,8	D a a a
		Escuro	239,6	A a a a	187,5	B a a a	147,1	C a a a	64,7	E b a a	92,7	D a a a	91,2	D a a a

A letra maiúscula indica a diferença entre os dias em que a urina humana ficou armazenada, e as letras minúsculas nas linhas separadas por espaço indicam a diferença entre os perfis, sexo e ambiente respectivamente. Médias seguidas da mesma letra na linha e coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O fósforo na urina humana é encontrado na forma de ortofosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  ou  $\text{HPO}_4^{2-}$ ) devido a sua precipitação. O maior decaimento do fósforo ocorreu aos 120 dias em ambos ambientes provavelmente devido vazamento de urina e como também ao aumento dos valores de pH, como podemos confirmar pela Figura 8. A partir deste período a diferença estatística entre as épocas de monitoramento ocorreram apenas para os tratamentos idoso masculino escuro (120 dias) e idoso feminino claro (180 dias), mostrando-nos uma tendência de estabilização deste parâmetro.

Esta diferença estatística do perfil dos tratamentos da urina humana foi observada durante os 180 dias de monitoramento e teve como resultado a maior concentração de fósforo respectivamente nos idosos, jovens e adultos. Porém não houve diferença estatística entre os perfis de idade aos 90 dias para o ambiente escuro e aos 120 dias para o ambiente claro.

Nos primeiros 60 dias de monitoramento, os tratamentos de sexo feminino em ambiente claro apresentaram semelhança estatística entre os perfis jovem e adulto com concentrações inferiores ao perfil dos idosos. Porém a semelhança estatística ocorreu apenas aos 60 dias estes dois perfis com os idosos, sendo que em ambiente claro o tratamento jovem feminino (ab) foi semelhante aos idosos (a) e adultos (b) e em ambiente escuro o tratamento adulto feminino (ab) foi semelhante aos idosos (a) e jovens (b). Destes dois tratamentos apenas o adulto apresentou diferença estatística dos demais perfis de mesmo tratamento a partir dos 120 dias.

Os tratamentos jovem e adulto masculino variaram durante todo o período em que a urina humana ficou armazenada, apresentando semelhanças estatísticas entre ambos. Durante os primeiros 30 dias, apenas os jovens apresentaram diferença estatística entre os perfis (b), porém com 60 dias em ambiente claro este comportamento se repetiu. Para o ambiente escuro aos 60 dias ambos tratamentos apresentaram semelhança estatística (b) e concentrações inferiores aos idosos (a) de  $187,57 \text{ mg L}^{-1}$ .

Aos 90 e 120 dias, como dito anteriormente a diferença estatística de perfil dos tratamentos ocorreu respectivamente em ambiente claro e escuro. Aos 90 dias o perfil dos adultos do sexo masculino (ab) apresentou semelhança com os idosos (a) e jovens (b) e aos 120 dias o mesmo ocorreu em ambiente escuro, porém, os idosos foram o perfil que apresentaram concentração inferior aos demais perfis com  $64,71 \text{ mg L}^{-1}$  (b) e os jovens (a) com  $71,78 \text{ mg L}^{-1}$ .

O perfil de idade dos idosos apresentou concentrações inferiores aos demais perfis de idade com diferença estatística (b) aos 120 dias com o tratamento idoso masculino em ambiente escuro e aos 180 dias com o tratamento idoso feminino em ambiente claro. Para o primeiro tratamento, após os 120 dias não houve diferença estatística entre os perfis de idade e o possível motivo pela redução da concentração do fósforo é o pH desta amostra (9,98) bem acima dos demais perfis de mesmo tratamento.

Já o motivo pelo qual ocorreu a redução do tratamento idoso feminino claro, é a possível entrada de água da chuva pela rachadura no galão. Segundo Magri (2013) os íons de magnésio e cálcio em baixas concentrações na urina, quando estão na presença de água elevam a concentração destes íons facilitando a precipitação de fosfato.

Aos 150 e 180 dias os tratamentos, jovem e adulto masculino continuaram a apresentar diferença estatística em relação aos idosos (a). Em ambiente claro essa diferença estatística ocorreu com ambos perfis, jovem e adulto, sendo estes semelhantes (b). No entanto no ambiente escuro, a diferença estatística ocorreu apenas aos 180 dias, sendo que os jovens (ab) apresentaram semelhança com os adultos (b) e idosos (a).

Avaliando a variável ambiente, para o fósforo os ambientes claros foram os que apresentaram as maiores concentrações principalmente após os 90 dias de armazenamento. Aos 30 e 60 dias de monitoramento os tratamentos jovem e adulto do sexo feminino e masculino apresentaram diferença estatística entre ambos ambientes. Para o jovem feminino a maior concentração (228,92 mg L<sup>-1</sup>) foi encontrada em ambiente claro aos 30 dias, bem como o adulto masculino, a maior concentração (184,87 mg L<sup>-1</sup>) foi aos 60 dias.

Os tratamentos, adulto feminino e jovem masculino em ambiente escuro (a) com concentrações de respectivamente 232,33 e 234,41 mg L<sup>-1</sup> aos 30 e 168,47 e 169,30 mg L<sup>-1</sup> aos 60 dias, foram diferentes estatisticamente do ambiente claro (b). Este primeiro tratamento descrito também apresentou diferença após os 120 dias de armazenamento, porém as maiores concentrações foram em ambiente claro (a).

Aos 90 dias não houve diferenças estatísticas entre os ambientes, e o mesmo se repetiu aos 120 dias, com exceção do tratamento adulto feminino que obteve as maiores concentrações em ambiente claro (a). Aos 150 dias, além do tratamento adulto feminino, o tratamento idoso de ambos os sexos também apresentou diferença

estatística com concentração de 85,58 94,07 mg L<sup>-1</sup> para sexo feminino e 94,07 mg L<sup>-1</sup> para sexo masculino em ambiente claro (a), maiores que as do ambiente escuro (b) com respectivamente 72,49 e 92,65 mg L<sup>-1</sup>.

Ao avaliar a diferença estatística dos sexos, de forma geral o masculino foi o que apresentou as maiores concentrações durante os meses de monitoramento. No primeiro período de monitoramento, os tratamentos de ambiente claro, jovem feminino e adulto feminino (b) foram inferiores e diferentes estatisticamente ao de sexo masculino (a) com 217,33 e 245,07 mg L<sup>-1</sup> respectivamente. Assim como no ambiente claro, o jovem feminino de ambiente escuro também foi inferior estatisticamente ao sexo masculino tanto nos primeiros 30 dias de monitoramento quanto aos 180 dias.

Aos 60 dias a diferença estatística do tratamento sexo ocorreu apenas em ambiente claro para os tratamentos jovem feminino e adulto masculino ambos com as maiores concentrações (a) de 1688,1 e 184,9 mg. L<sup>-1</sup> respectivamente. Aos 120 e 150 dias a diferença estatística do tratamento sexo ocorreu apenas em ambiente escuro. O tratamento adulto feminino apresentou a menores concentrações de fósforo a partir dos 120 dias, sendo sua concentração de respectivamente 45,44, 44,1 e 41,7 mg L<sup>-1</sup> aos 120, 150 e 180 dias e inferior aos demais tratamentos.

Aos 150 e 180 dias, além do tratamento adulto feminino descrito anteriormente, o idoso de mesmo sexo também apresentou concentrações inferiores aos demais tratamentos em ambos os ambientes, apresentando diferença estatística dos demais tratamentos (b). Aos 150 dias as diferenças estatísticas foram para os tratamentos idoso e adulto de sexo feminino com concentrações de 72,5 mg L<sup>-1</sup> para o ambiente escuro e 44,1 mg L<sup>-1</sup> para o ambiente claro. Aos 180 as diferenças permaneceram nos mesmos tratamentos, porém os tratamentos, jovem em ambiente escuro e idoso em ambiente claro também foram estatisticamente diferentes (b), sendo que as maiores concentrações foram encontradas no sexo masculino.

Essas diferenças entre faixa etária e sexo são fatores que podem variar conforme a alimentação de cada indivíduo, e não pela diferença de sexo. No trabalho de Magri (2013) avaliando a caracterização da urina e a diferença entre os sexos, a urina humana masculina foi semelhante a feminina na maioria dos parâmetros avaliados, com exceção do N. Amoniacal e fósforo onde a urina masculina obteve concentrações mais elevadas. Botto et al., (2013) nos mesmos parâmetros citados, a urina feminina foi mais concentrada que a masculina.

Como o intuito da separação dos ambientes foi observar se a exposição da urina humana ao intemperismo e a ampla variação da temperatura, representado pelo ambiente claro, seria diferente a um ambiente controlado representado pelo ambiente escuro. Podemos observar que, apesar das diferenças estatísticas encontradas os dois ambientes apresentaram comportamentos semelhantes, porém o ambiente claro foi mais afetado que o escuro, confirmado através do decaimento dos nutrientes.

Diante dos resultados e das influências que os parâmetros pH, temperatura e condutividade nos nutrientes analisados durante os 180 dias de monitoramento, foi realizado um teste de correlação entre todos os parâmetros demonstrado através da Figura 12 abaixo e pode ser confirmada pela análise de PCA na figura 13.

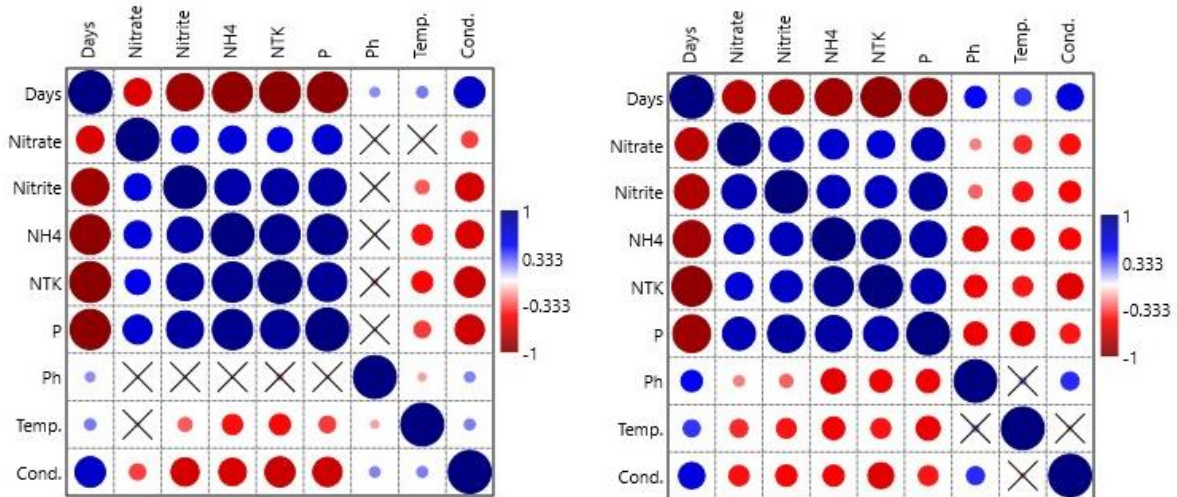


Figura 13 - Análise de correlação entre os parâmetros analisados respectivamente no ambiente claro e escuro. Legenda: círculo azul - correlação significativa positiva; círculo vermelho - correlação significativa negativa; (X) - não houve correlação entre os parâmetros.

Fonte: Elaboração Própria

Podemos observar através da análise de correlação que os nutrientes apresentaram correlação positiva entre eles em ambos os armazenamentos, já em relação aos parâmetros de pH, temperatura, condutividade e dias de armazenamento, no ambiente claro houve uma pequena, porém, significativa correlação entre eles, que não foi encontrada no ambiente escuro.

Quando avaliada a correlação dos nutrientes com o pH, temperatura, condutividade e dias de armazenamento, podemos observar que há uma diferença entre ambos os ambientes, sendo que a correlação foi significativa, porém negativa.

O parâmetro pH ao longo do período de armazenamento tem uma elevação se tornando mais básico, como podemos observar através da Figura 8. Esse aumento

faz com que ocorra a hidrólise da ureia, favorecendo com a amônia se apresente em maior parte na forma não ionizada, apresentando característica voláteis e facilitando seu escape para a atmosfera. Para o fósforo, o aumento do pH faz com que a estruvita (fosfato de magnésio e amônio) e / ou apatita de carbonato comece a cristalizar a um nível de pH de 7,2 e 6,8 respectivamente, o que explica a diminuição de fósforo na urina líquida analisada (BICHLER et al., 2002).

O ambiente escuro proporcionou a correlação esperada dos nutrientes com o pH, sendo esta significativa negativa, ou seja, quando as amostras têm um aumento do pH, os nutrientes são afetados de forma a reduzir sua concentração. No ambiente claro, porém, mas afetado que o escuro devido a fatores externos não apresentou correlação com os nutrientes, porém sua correlação com os dias de armazenamento foi como o esperado, porém com menor intensidade que as correlações do ambiente escuro.

O processo de hidrólise da ureia em relação a solubilidade da amônia, aumenta com a elevação da temperatura. Este comportamento, que ocorreu em ambiente escuro, embora tenha sido esperado no ambiente claro que detinha maior influência da temperatura devido a exposição intemperismo, foi afetado e teve o decaimento das concentrações dos nutrientes mais significativo.

Embora a correlação do N. Amoniacal ser significativa negativa, pois avalia a interação e comportamento dos parâmetros durante os 180 dias de monitoramento, nos últimos 30 de armazenamento da urina, amônia ionizada apresentou maior concentração no ambiente escuro, apresentando características solúveis em virtude do aumento da temperatura. O que leva a concluir que o tempo de 180 dias de estocagem não foi suficiente para observar uma correlação positiva em ambos os tratamentos e uma maior dinâmica de solubilização em decorrência de fatores externos, influenciaram no decaimento dos nutrientes.

Como condutividade elétrica está diretamente relacionada com a presença de íons dissolvidos na água, sua correlação com o fósforo e o nitrogênio se explica pelo fato de que com a hidrólise da ureia e a formação de precipitados no fundo do reservatório como  $\text{NH}_4^+$ , magnésio, potássio, carbonatos, sódio, sulfatos e cloretos, presentes nos galões de armazenamento fazem com que aumente a condutividade conforme o tempo de estocagem (ZANCHETA, 2007).

A Análise de Componentes Principais (Figura 13), corrobora com o que foi observado na correlação através dos tratamentos e parâmetros químicos, a partir das





resultados e correlação com os nutrientes supracitados, pois foram os tratamentos que melhor se apresentaram como alternativa para a reutilização da urina humana, com concentração de nutrientes maior que os demais e baixa condutividade.

Os tratamentos dos adultos de ambos sexos e ambientes apresentaram os menores resultados de concentração de nutrientes, porém o AFE apresentou os maiores valores de pH e condutividade em relação ao demais. Já o tratamento AME foi o que obteve as maiores concentrações de condutividade e a uma das menores concentrações de nutrientes.

Os tratamentos JFC, JFE, JMC e JME se destacaram com as maiores temperaturas das amostras, sendo a JFC maior para o ambiente claro e o JME maior para o ambiente escuro. Estes tratamentos também foram os que apresentaram as maiores concentrações de nitrato nas amostras de urina humana.

Como houve o vazamento de urina humana nos primeiros meses de análise, boa parte da concentração da concentração de nutrientes e principalmente do N. Amoniacal, pode ter escapado devido à volatilidade da amônia, principalmente em contato com o oxigênio, reduzindo a concentração dos nutrientes importantes para o reuso na agricultura, tanto em volume quanto concentração, afetando o decaimento dos nutrientes, sendo este maior que os outros trabalhos feitos com o armazenamento da urina humana.

#### 5.1.1. Dados para posterior reuso da urina humana

Para realizar a reutilização da urina humana na fertirrigação da alface, a urina estocada após 180 dias foi submetida a análises químicas e microbiológicas para evitar que os teores de nutrientes presentes e a qualidade sanitária da urina humana não trouxessem possíveis efeitos tóxicos para a alface cultivada.

Os resultados da análise físico-química e microbiológica realizadas estão descritos na Tabela 11. Esses valores indicam a média das concentrações dos nutrientes presentes de todos os tratamentos para reuso agrícola, a fim de avaliar seus efeitos para as plantas e sob qual tratamento a hortaliça mais se desenvolve e se este corrobora com os resultados encontrados na caracterização da urina.

Tabela 11 - Caracterização qualitativa da média dos tratamentos da urina humana estocada após 180 dias.

Análises	Unidade	Resultados
pH	-	8,88
Condutividade	mS.cm-1	45,36
NTK	mg/L	2047,45
N. Amoniacal	mg/L	1581,27
Nitrato	mg/L	5,69
Nitrito	mg/L	1,37
Fósforo	mg/L	71,92312
Coliformes Totais	NMP/100 ml	Ausente
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	Ausente
<i>E.coli</i>	NMP/100 ml	Ausente

## 5.2. Produção agrônômica.

O cultivo das alfaces na casa de vegetação ocorreu durante o período de verão, realizado entre os dias 4 de novembro a 16 de dezembro de 2019. Durante esse período a temperatura máxima foi de 34,7 °C e mínima de 16,9 °C, como pode ser observado na Figura 14.

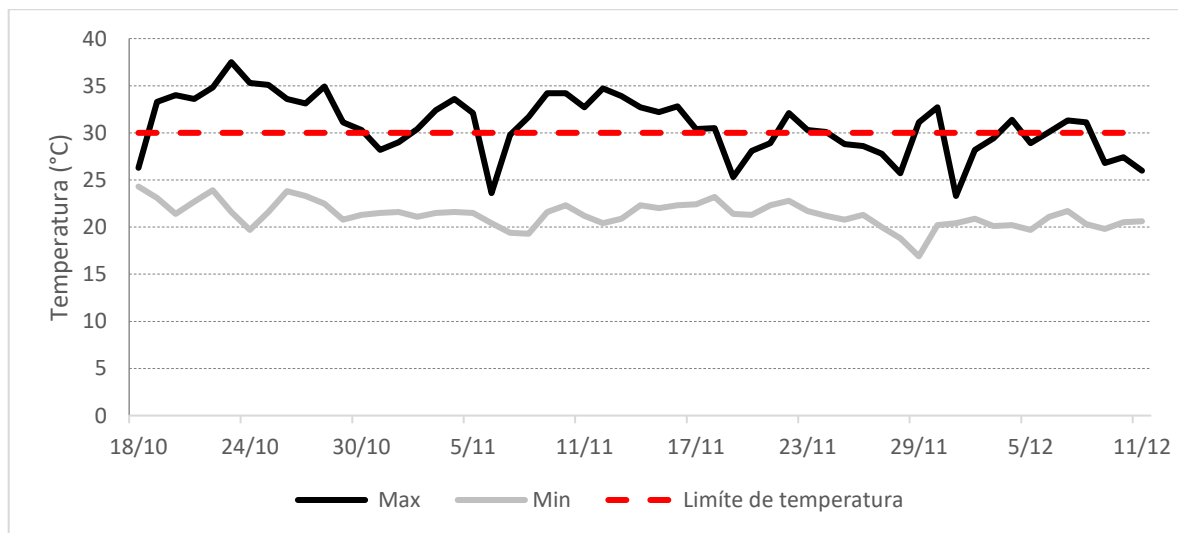


Figura 15 - Variação das Temperaturas máximas e mínimas (°C) diárias durante o cultivo da alface crespa.

As temperaturas para a produção da alface podem ser prejudiciais em algumas regiões, principalmente durante o verão. Temperaturas maiores de 30°C podem comprometer o crescimento vegetativo com o aumento do risco de pendoamento precoce e a queima das pontas das folhas (BLIND et al., 2018).

Como podemos observar através da Figura 14, durante os dias em que a alface esteve plantada, houve temperaturas que ultrapassaram o máximo recomendado, fator que contribuiu para perda de parcelas do cultivo de alface.

### 5.2.1. Avaliações Agronômicas

O primeiro cultivo da alface crespa realizado foi no dia 17 de outubro de 2019, e como podemos observar pela Figura 14, este estava submetido a altas temperaturas, que provocou a morte e queima de algumas parcelas, além da presença de lagartas aos 18 dias de cultivo.

Após o ocorrido, foi realizado um plantio no dia 5 de novembro e finalizado dia 11 de dezembro, apresentando os seguintes resultados que permitiram a análise da parte aérea e raiz da alface. A Tabela 12 apresenta os resultados da análise de variância no 2º cultivo.

Tabela 12 – Resultados da parte aérea e raiz da alface crespa.

Tratamentos	Comprimento raiz (cm)	Volume raiz (ml)	Massa da raiz (g)	Massa das folhas (g)	Massa total (g)	Massa seca (g)
<b>Branco</b>	6,80 BC	0,63 B	0,32 C	0,88 D	1,20 D	0,09 D
<b>Testemunha</b>	15,25 A	9,38 A	12,36 A	126,38 A	138,74 A	9,72 A
<b>UH - C</b>	8,30 ABC	3,88 AB	3,80 BC	20,15 CD	23,96 BCD	1,68 BCD
<b>UH - JC</b>	7,50 BC	1,19 B	1,80 C	4,23 D	6,03 D	0,32 D
<b>UH - AC</b>	7,50 BC	0,63 B	1,00 C	5,58 D	6,58 D	0,46 D
<b>UH - IC</b>	10,13 A	9,25 A	8,64 AB	64,48 BC	73,12 B	4,99 B
<b>UH - E</b>	5,50 BC	2,50 B	3,01 BC	34,65 C	37,66 C	2,59 C
<b>UH - JE</b>	2,00 C	1,00 B	1,50 C	5,63 D	7,13 D	0,42 D
<b>UH - AE</b>	7,68 BC	4,50 AB	4,68 BC	17,80 D	22,48 CD	1,57 CD
<b>UH - IE</b>	10,08 AB	4,75 AB	4,26 BC	66,60 B	70,86 BC	4,96 BC

De acordo com os resultados acima para as características da planta, a testemunha foi a que mais se desenvolveu, se destacando dos demais. No entanto, apresentou semelhanças em mais de um parâmetro com tratamento UH-IC e UH-IE.

Rios (2008) avaliou o uso de diferentes concentrações de urina humana como solução nutritiva comparando com solução nutritiva convencional no cultivo hidropônico da *Lactuca sativa L.*, o resultado encontrado mostrou que os teores de nutrientes e a produção da alface fertirrigada com urina humana não apresentou diferença estatística em relação ao tratamento controle (solução nutritiva convencional). Vale ressaltar também que se tratando apenas do uso da urina, Rios (2008), verificou que nas menores concentrações de urina aplicadas (5 e 10%),

obtiveram maior produção em relação as maiores concentrações (15 e 20%). Porém a menor concentração (5%) e quantidade de urina humana aplicada era 3,6 vezes maior que deste trabalho devido as perdas na concentração dos nutrientes relatados anteriormente.

Os tratamentos adicionais realizados com a mistura das urinas com faixas etárias de ambos ambientes (UH- E; UH-C), se desenvolveram melhor do que os tratamentos dos adultos e jovens (UH-AE; UH-AC; UH-JE; UH-JC) nos parâmetros massa foliar, massa seca e massa total (Figura 16). Esses resultados podem ser devido à presença da urina de idosos, mais próximas do valor médio calculado pela necessidade nutricional da hortaliça.

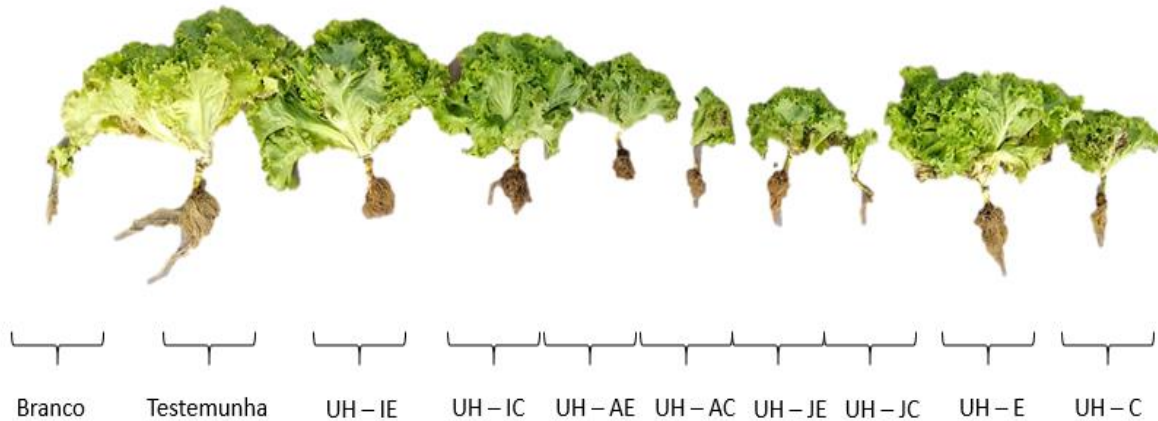


Figura 16 - Amostragem de alfaces irrigadas com urina humana e seus devidos tratamentos.

Para os tratamentos com urina armazenada em ambiente claro, ocorreu uma diminuição significativa da massa seca quando a urina aplicada foi de jovens e adultos. Já para os tratamentos de urina armazenada em ambiente escuro, o mesmo ocorreu na urina de jovens, sendo esses os menores valores obtidos, o que ocasiona um desenvolvimento comprometido da planta quando comparadas com as demais. Essa redução pode ser explicada pelas baixas concentrações que a UH-J apresentou de NTK nos últimos 60 dias.

Araújo et al., (2017) obtiveram valores de massa fresca da parte aérea de 67,77 g e 77,01 g para tratamentos com uma dose de urina e duas doses de urina, respectivamente; já para massa seca os resultados foram de 4,89 g e 8,55 g, com urina composta de 8,7 g L<sup>-1</sup> de NTK; 0,325 g L<sup>-1</sup> de P e 1,1 g L<sup>-1</sup> de K. Já este trabalho

apresentou valores de massa seca bem próximos de 66,6 e 64,48 g e massa seca de 4,96 e 4,99 g respectivamente para os tratamentos UH-IE e UH-IC.

Como se pode observar pelas parcelas da alface, com exceção da testemunha, o tratamento UH-IC apresentou o maior peso de massa total, concomitantemente com o peso e volume da raiz, comprimento e massa. Porém, tanto este tratamento quanto o de UH-C apresentaram resultados de massa foliar inferiores ao tratamento UH-IE e UH-E, que se destaca por este ser a variável de maior importância comercial para o consumidor.

As plantas se desenvolveram melhor, quanto maior foi a concentração de urina humana, mostrando que o experimento não sofreu com stress nutricional. Os resultados de desenvolvimento da hortaliça nos tratamentos Branco, UH-C, UH-JC, UH-JE, UH-AC, UH-AE não apresentaram diferença estatística, como apresentado na tabela 12. A massa total e seca possuíram as mesmas proporções de quantidades conforme o aumento da aplicação.

A análise de nutrientes presentes no solo e na parte aérea e radicular das alfaces (*Lactuca sativa*), bem como os teores de macro e micronutrientes presentes na parte aérea da alface cultivada em águas amarelas podem ser observadas na Tabela 13.

Tabela 13 - Concentração de macro e micronutrientes na parte aérea da alface crespa fertirrigado com urina humana nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Macronutrientes										Micronutrientes											
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	u	e	Mn	Zn											
Unidades	g kg <sup>-1</sup>										mg kg <sup>-1</sup>											
Branco	15,68	<b>la</b>	2,93	<b>Bb</b>	33,4	<b>Ga</b>	9,47	<b>Da</b>	4,91	<b>Gb</b>	2,2	<b>la</b>	27,75	<b>Já</b>	5,33	<b>Hb</b>	315,8	<b>Cb</b>	62,07	<b>Ja</b>	81,3	<b>Ha</b>
Testemunha	25,69	<b>Ha</b>	4,39	<b>Ab</b>	58,3	<b>Aa</b>	9,94	<b>Ba</b>	4,15	<b>lb</b>	2,94	<b>Hb</b>	32,1	<b>la</b>	4,75	<b>lb</b>	222,5	<b>lb</b>	82,96	<b>Ha</b>	75,15	<b>Ja</b>
UH – IE	33,39	<b>Fa</b>	2,47	<b>Fb</b>	39,2	<b>Ja</b>	6,77	<b>Jb</b>	5,51	<b>Jb</b>	3,71	<b>Ga</b>	33,08	<b>Ga</b>	15,93	<b>Jb</b>	291,9	<b>/Jb</b>	175,1	<b>lb</b>	169,9	<b>la</b>
UH – IC	36,05	<b>Ga</b>	2,34	<b>Eb</b>	28,3	<b>Ea</b>	4,2	<b>Gb</b>	3,48	<b>Db</b>	2,98	<b>Ea</b>	35,79	<b>Há</b>	4,52	<b>Ab</b>	138,6	<b>Fb</b>	81,6	<b>Db</b>	77,47	<b>Ba</b>
UH – AE	38,92	<b>Aa</b>	2,6	<b>Gb</b>	54,8	<b>Fa</b>	10,18	<b>Ca</b>	6,95	<b>Cb</b>	4,35	<b>Cb</b>	45,13	<b>Aa</b>	10,77	<b>Db</b>	446,6	<b>Eb</b>	222,3	<b>Ca</b>	168,7	<b>Da</b>
UH – AC	45,01	<b>Ba</b>	2,3	<b>Db</b>	37,6	<b>Ba</b>	9,87	<b>Aa</b>	6,57	<b>Ab</b>	4,02	<b>Ba</b>	56,61	<b>Ba</b>	11,17	<b>Eb</b>	303,2	<b>Ab</b>	179,8	<b>Ba</b>	120,1	<b>Ca</b>
UH – JE	37,45	<b>Ea</b>	2,6	<b>Hb</b>	44,4	<b>la</b>	8,32	<b>Ea</b>	5,3	<b>Bb</b>	4,36	<b>Db</b>	35,92	<b>Da</b>	6,24	<b>Fb</b>	224	<b>Db</b>	123,7	<b>Ab</b>	84,89	<b>Aa</b>
UH – JC	37,45	<b>Ea</b>	2,19	<b>Db</b>	29,6	<b>Da</b>	8,93	<b>Fa</b>	6,62	<b>Ea</b>	3,75	<b>Aa</b>	41,52	<b>Fa</b>	6,48	<b>Gb</b>	308,7	<b>Hb</b>	429,4	<b>Eb</b>	349,5	<b>Ga</b>
UH – E	37,59	<b>Ca</b>	2,19	<b>Cb</b>	32	<b>Ca</b>	5,58	<b>Há</b>	4,95	<b>Hb</b>	3,45	<b>Db</b>	39,05	<b>Ca</b>	13,11	<b>Cb</b>	368,3	<b>Gb</b>	91,36	<b>Gb</b>	91,05	<b>Fa</b>
UH – C	38,43	<b>Da</b>	2,85	<b>Hb</b>	47,8	<b>Ha</b>	6,03	<b>lb</b>	4,37	<b>Fb</b>	3,75	<b>Fa</b>	44,94	<b>Ea</b>	12	<b>Bb</b>	244,6	<b>Bb</b>	85,76	<b>Fb</b>	88,98	<b>Ea</b>
<b>Concentração mínima Epstein &amp; Bloom</b>	15		2		10		5		2		1		20		6		50		50		20	
<b>Concentração Min-Máx Trani &amp; Raji</b>	30 - 50		4 - 7		50 - 80		15 - 25		6		5		37		20		150		50		100	

Como podemos observar, dos parâmetros analisados com exceção do Cu, todos os tratamentos apresentam mais nutrientes que o mínimo necessário para o tecido vegetal segundo Epstein & Bloom (2006).

Dos 11 nutrientes presentes nas folhas, o tratamento UH-AE apresentou as maiores concentrações apenas de Cálcio, Magnésio e Ferro e a segunda maior concentração de Nitrogênio e Boro. Apesar de apresentar uma alta quantidade de nutrientes, este tratamento se desenvolveu bem, sendo dos 12 tratamentos o sexto com o maior peso de massa foliar (Tabela 12).

Os tratamentos com adubo químico, testemunha, obtiveram menores concentrações em 4 dos 11 parâmetros analisados, sendo estes Nitrogênio, Sódio, Boro e zinco. Apesar disso foi o que mais desenvolveu a hortaliça em todos os aspectos físicos (Tabela 12). Este comportamento se mostrou semelhante ao tratamento UH-IE, com a concentração de  $33,39 \text{ g kg}^{-1}$ , superior apenas a testemunha com  $25,69 \text{ g kg}^{-1}$  e o Branco com  $15,68 \text{ g kg}^{-1}$

Como pode ser visto a maioria dos tratamentos apresentaram valores de N acima da concentração mínima e superior à testemunha. Esse excesso de nitrogênio pode ser representado pela coloração verde mais escura das alfaces irrigadas com urina que da testemunha, mais suscetível a ataques de insetos ou déficits hídricos durante seu desenvolvimento (MENDES, 2007)

Na análise qualitativa da urina humana, os tratamentos que tinham as maiores concentrações de nutrientes disponíveis, apresentaram valores medianos de macro e micronutrientes. O tratamento UH-IE se mostrou superior em relação aos outros no parâmetro Cobre, o tratamento UH-IC foi o segundo melhor tratamento em relação as características físicas, após o padrão e mostrou os menores resultados de nutrientes em todos os parâmetros exceto Nitrogênio, Fósforo e Boro, seguido dos tratamentos UH-IE e UH-E.

Rios (2008) em seu estudo aplicou a urina humana em alface em sistema de hidroponia, porém sua concentração mínima (5%) era de 3,6 vezes a mais que deste trabalho. Seus resultados apresentados continham teor de N, P, Mg e S ( $44 \text{ g kg}^{-1}$ ,  $14 \text{ g kg}^{-1}$ ,  $5,8 \text{ g kg}^{-1}$  e  $2,9 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente) semelhante ao desta pesquisa. Os teores de macro e micronutrientes presentes na parte radicular da alface cultivada podem ser observados na Tabela 14.



Tabela 14 - Concentração de macro e micronutrientes da raiz da alface crespa fertirrigado com urina humana nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Macronutrientes										Micronutrientes											
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn											
	g kg <sup>-1</sup>										mg kg <sup>-1</sup>											
Branco	0,00	<b>Hc</b>	2,68	<b>Ac</b>	30,72	<b>Ab</b>	5,11	<b>Jb</b>	9,62	<b>Ia</b>	1,60	<b>Ib</b>	14,95	<b>Hb</b>	14,30	<b>Ha</b>	3307,60	<b>Ja</b>	51,50	<b>Jb</b>	45,50	<b>Eb</b>
Testemunha	12,46	<b>Cb</b>	2,08	<b>Cc</b>	25,34	<b>Eb</b>	6,22	<b>Fb</b>	15,02	<b>Fa</b>	3,03	<b>Ca</b>	18,13	<b>Eb</b>	14,29	<b>Ia</b>	7246,68	<b>Fa</b>	126,18	<b>Eb</b>	40,53	<b>Fb</b>
UH - IE	9,66	<b>Fb</b>	1,54	<b>Fc</b>	15,10	<b>Gb</b>	7,72	<b>Da</b>	18,02	<b>Ca</b>	2,39	<b>Eb</b>	13,81	<b>Ib</b>	11,30	<b>Ja</b>	9482,52	<b>Ca</b>	159,65	<b>Ca</b>	17,97	<b>Jb</b>
UH - IC	10,50	<b>Eb</b>	1,44	<b>Gc</b>	12,19	<b>Hb</b>	6,98	<b>Ea</b>	19,24	<b>Aa</b>	1,98	<b>Gb</b>	18,99	<b>Cb</b>	22,55	<b>Da</b>	11142,40	<b>Aa</b>	199,71	<b>Aa</b>	46,22	<b>Db</b>
UH - AE	0,00	<b>Hc</b>	2,10	<b>Bc</b>	27,08	<b>Db</b>	8,19	<b>Ab</b>	12,38	<b>Ha</b>	4,43	<b>Aa</b>	20,50	<b>Bb</b>	18,26	<b>Ga</b>	4378,73	<b>Ia</b>	76,99	<b>Ib</b>	55,50	<b>Cb</b>
UH - AC	10,71	<b>Db</b>	1,04	<b>Ic</b>	11,20	<b>Ib</b>	6,03	<b>Gb</b>	18,08	<b>Ba</b>	1,40	<b>Jb</b>	17,87	<b>Fb</b>	18,80	<b>Fa</b>	9459,60	<b>Da</b>	195,41	<b>Bb</b>	19,00	<b>Ib</b>
UH - JE	0,00	<b>Hb</b>	1,71	<b>Dc</b>	28,90	<b>Cb</b>	7,79	<b>Cb</b>	13,82	<b>Ga</b>	3,86	<b>Ba</b>	17,00	<b>Gb</b>	20,80	<b>Ea</b>	5510,50	<b>Ha</b>	115,20	<b>Fb</b>	73,00	<b>Ab</b>
UH - JC	16,94	<b>Ab</b>	1,64	<b>Ec</b>	30,68	<b>Bb</b>	8,00	<b>Bb</b>	0,00	<b>Jc</b>	2,41	<b>Db</b>	25,41	<b>Ab</b>	26,83	<b>Ba</b>	10097,50	<b>Ba</b>	154,05	<b>Da</b>	37,42	<b>Gb</b>
UH - E	13,23	<b>Bb</b>	0,96	<b>Jc</b>	16,57	<b>Fb</b>	5,87	<b>Hb</b>	16,15	<b>Da</b>	1,61	<b>Hb</b>	18,73	<b>Db</b>	22,93	<b>Ca</b>	7531,68	<b>Ea</b>	107,39	<b>Ga</b>	34,44	<b>Hb</b>
UH - C	5,95	<b>Gb</b>	1,28	<b>Hc</b>	10,93	<b>Jb</b>	5,63	<b>Ia</b>	15,13	<b>Ea</b>	2,16	<b>Fb</b>	18,99	<b>Cb</b>	33,97	<b>Aa</b>	6869,28	<b>Ga</b>	101,19	<b>Ha</b>	63,95	<b>Bb</b>

RAIZ

Podemos observar através das tabelas 13 e 14 que os micronutrientes apresentaram maior concentração nas raízes, com exceção do boro e do zinco que tiveram sua maior concentração presente nas folhas de alface. Dos macronutrientes apenas o Mg apresentou uma maior concentração na raiz, o restante com exceção do P, apresentou os maiores valores nas folhas das hortaliças.

Nos tratamentos UH-AC, UH-JC e Br, não foi possível detectar a concentração de N nas raízes das alfaces. Apesar disso estes tratamentos, exceto o UH-JC, apresentaram os maiores valores disponíveis na raiz da hortaliça em outros macros nutrientes e valores medianos de nutriente na folha. No entanto, todos estavam entre as parcelas que obtiveram o menor desenvolvimento da hortaliça respectivamente junto com o tratamento UH-JE, com crescimento reduzido e baixos valores de peso e volume das folhas e raízes. Esse resultado mostra uma relação adversa entre crescimento e absorção de nutrientes.

O tratamento UH-IE, com maior quantidade de Massa Fresca proporcionou os maiores valores apenas nos nutrientes Mg, Fe e Mn. Já nos outros nutrientes analisados, assim como nas folhas, este apresentou valores medianos de macro e micronutrientes.

Através do Branco podemos observar que as mudas de alface já apresentavam alta concentração de Ferro, antes da aplicação de urina indicando uma toxidez, porém após o cultivo podemos observar que concentração deste nutriente aumentou consideravelmente. Este apresentou as concentrações mais altas em todos os tratamentos presentes na raiz. Segundo Mendes (2007), o Fe é constituinte de inúmeros metabólitos, podendo ser parte integrante de proteínas (ferrodoxinas p.e.) e quando em excesso influencia na respiração, fotossíntese e fixação de Nitrogênio.

Observa-se na Tabela 15 que o solo do tratamento da testemunha possui ainda, após o cultivo das alfaces, menor disponibilidade de nutrientes que os demais num total de 5 parâmetros dos 11 de nutrientes e maior disponibilidade apenas no nutriente Mn. O tratamento de UH-IE não possui, em relação aos outros, nenhuma alta concentração de nutrientes.

Tabela 15 - Concentração de macro e micronutrientes do substrato fertirrigado com urina humana.

Tratamentos	Macronutrientes						Micronutrientes															
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn											
	g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>															
Substrato antes do plantio	2,49	3,62	0,38	0,66	1,49	0,02	0,21	1,86	61,41	33,06	6,91											
Branco	2,56	<b>Ib</b>	4,09	<b>Ja</b>	0,47	<b>Gc</b>	1,26	<b>Jc</b>	1,99	<b>Jc</b>	0,05	<b>Hc</b>	0,28	<b>Gc</b>	0,92	<b>Dc</b>	40,12	<b>Fc</b>	28,63	<b>Ac</b>	7,26	<b>Gc</b>
Testemunha	2,71	<b>Hc</b>	11,8	<b>Aa</b>	0,48	<b>Fc</b>	1,92	<b>Ac</b>	2,4	<b>Gc</b>	0,39	<b>Ac</b>	0,19	<b>Hc</b>	0,98	<b>Cc</b>	52,86	<b>Bc</b>	25,83	<b>Dc</b>	7,16	<b>Hc</b>
UH - IE	4,28	<b>Gc</b>	5,65	<b>Ea</b>	0,46	<b>Dc</b>	1,7	<b>Gc</b>	2,61	<b>Fc</b>	0,12	<b>Cc</b>	0,38	<b>Ec</b>	0,87	<b>Gc</b>	42,58	<b>Jc</b>	25,09	<b>Hc</b>	7,82	<b>Bc</b>
UH - IC	3,79	<b>Ec</b>	6,11	<b>Fa</b>	0,57	<b>Hc</b>	1,46	<b>Dc</b>	2,42	<b>Ac</b>	0,22	<b>Gc</b>	0,37	<b>Dc</b>	0,84	<b>Ec</b>	36,37	<b>Ec</b>	23,73	<b>Fc</b>	9,67	<b>Dc</b>
UH - AE	4,47	<b>CB</b>	5,6	<b>Ba</b>	0,54	<b>Cc</b>	1,68	<b>Cc</b>	2,48	<b>Hc</b>	0,2	<b>Ec</b>	0,39	<b>Bc</b>	1,01	<b>Hc</b>	37,31	<b>Gc</b>	25,63	<b>Gc</b>	9,67	<b>Cc</b>
UH - AC	4,52	<b>Dc</b>	7,27	<b>Ga</b>	0,58	<b>Ec</b>	1,74	<b>Ec</b>	2,36	<b>Dc</b>	0,19	<b>Dc</b>	0,41	<b>Cc</b>	0,82	<b>Ac</b>	38,58	<b>Hc</b>	24,73	<b>Ec</b>	9,03	<b>Bc</b>
UH - JE	6,42	<b>Fc</b>	6,85	<b>Ia</b>	0,81	<b>Ic</b>	1,83	<b>Ic</b>	2,45	<b>Cc</b>	0,3	<b>Gc</b>	0,46	<b>Gc</b>	1	<b>Fc</b>	36,87	<b>Dc</b>	26,05	<b>Jc</b>	12,09	<b>Ec</b>
UH - JC	3,98	<b>Ac</b>	4,28	<b>Ca</b>	0,45	<b>Ac</b>	1,3	<b>Bc</b>	2,53	<b>Eb</b>	0,12	<b>Bc</b>	0,28	<b>Ac</b>	0,86	<b>Bc</b>	45,84	<b>Ic</b>	22,27	<b>Cc</b>	7,43	<b>Ac</b>
UH - E	4,47	<b>Bc</b>	5,04	<b>Da</b>	0,44	<b>Bc</b>	1,52	<b>Hc</b>	2,57	<b>Ic</b>	0,12	<b>Fc</b>	0,31	<b>Fc</b>	0,82	<b>Ac</b>	60,42	<b>Cc</b>	22,8	<b>Bc</b>	5,71	<b>Fc</b>
UH - C	4,56	<b>Dc</b>	6,37	<b>Ha</b>	0,63	<b>Jc</b>	1,44	<b>Fc</b>	2,19	<b>Bc</b>	0,18	<b>Gc</b>	0,31	<b>Fc</b>	1,01	<b>Hc</b>	50,34	<b>Ac</b>	26,72	<b>Ic</b>	7,41	<b>Ic</b>

SUBSTRATO

Os dados nos mostram que anteriormente ao cultivo, o substrato que estava misturado a vermiculita apresentava uma alta disponibilidade de micronutrientes que foi reduzida após a colheita dos tratamentos, com exceção do Boro que apresentou uma baixa disponibilidade e após a colheita dos tratamentos de alface apresentaram valores um pouco mais altos, apresentando média disponibilidade deste nutriente.

A Tabela 15 mostrou que houve um pequeno aumento na concentração dos nutrientes no substrato após o plantio conforme o aumento na concentração de urina humana, além do Branco que não apresenta incorporação de nutrientes para plantio, por isso apresentou os menores valores de macronutrientes e Boro, quase semelhantes a concentração de nutrientes no substrato antes do plantio. Este pequeno aumento de nutrientes no tratamento Branco, pode ser em decorrência de alguma matéria orgânica da plantação anterior que pode ter ficado retida no solo ao reiniciar o experimento.

Os tratamentos UH-C apresentou junto com o tratamento UH-JE as maiores concentrações de N e K. Este último tratamento, como na raiz, apresentou dentre os 11 parâmetros analisados 4 das maiores disponibilidades de nutrientes além dos já descritos (Ca, S, B, Zn) no solo.

Apenas o P apresentou maiores concentrações no solo. Em relação aos demais nutrientes analisados, o solo foi o que apresentou a menor concentração em comparação com a folha e raiz das alfaces.

Podemos ver através da análise de solo, pelos valores do substrato antes do cultivo, que a urina humana ao ser inserida no solo como fertirrigação para as parcelas de alface, enriqueceu o mesmo de nutrientes, além da matéria orgânica como pode ser vista na Tabela 16.

Tabela 16 - Saturações de Base para solos com doses de urina humana.

Descrição	pH		CTC cmolc.dm-3	Sat. Bases	Sat. Al	Ca na CTC	Mg na CTC	K na CTC	H+Al na CTC	Mat. Org. g.dm-3	Carb. Org.
	CaCl2	H2O		%		Relações em %					
<b>Substrato antes do plantio</b>	4,90	5,50	21,90	75,60	1,40	15,00	56,10	4,50	24,70	59,00	34,00
Br	5,40	6,40	28,70	83,20	0,20	21,90	57,10	4,20	16,70	72,00	42,00
Testemunha	5,00	5,60	35,10	87,00	0,20	27,30	56,20	3,50	13,10	67,00	39,00
UH-JC	5,00	5,50	32,90	86,70	0,10	19,80	63,30	3,50	13,40	68,00	39,00
UH-JE	4,90	5,40	36,00	87,10	0,20	25,40	56,00	5,70	12,80	81,00	47,00
UH-AC	5,00	5,40	34,60	85,30	0,20	25,00	56,00	4,30	14,70	80,00	46,00
UH-AE	5,10	5,50	35,20	85,70	0,10	23,80	57,90	3,90	14,50	80,00	46,00
UH-IC	5,00	5,60	32,90	87,00	0,20	22,10	60,50	4,40	13,10	76,00	44,00
UH-IE	5,20	5,70	34,90	89,10	0,10	24,30	61,40	3,40	10,90	76,00	44,00
UH-C	5,20	5,70	31,00	86,40	0,10	23,20	58,10	5,20	13,50	73,00	42,00
UH-E	5,10	5,80	33,90	88,10	0,10	22,40	62,40	3,30	11,80	59,00	34,00

Legenda: CTC - Capacidade de Troca Catiônica.

A Capacidade de Troca Catiônica é representada pela movimentação de cátions que a cultura absorve do solo. Podemos observar que quanto maior a concentração da urina humana aplicada, maior o CTC presente no solo e a porcentagem de bases e absorção nos nutrientes.

Não houve entre os tratamentos, uma diferença expressiva entre os ambientes claro e escuro, porém a amostra de urina humana que proporcionou ao solo uma melhor capacidade de nutrientes foi o de ambiente escuro na maioria dos nutrientes.

A utilização da urina sem cuidadosa aplicação pode causar aumento da condutividade do solo, salinidade e pH ácido, cujo excesso e manejo inadequado podem ocasionar pouca produtividade ou falhas nas colheitas (HEINONEN-TANSKI et al., 2007, VILLA-CASTORENA et al., 2003). Segundo Malavolta (1980), o pH abaixo de 5,5 (concentração de H<sup>+</sup> alta) e acima de 6,5 (concentrações de OH<sup>-</sup> alta) afeta diretamente no desenvolvimento radicular e na disponibilidade de nutrientes

Podemos observar através dos resultados uma relação de desenvolvimento da planta com o pH registrado no solo após o plantio, quanto mais ácido o solo menor foi o desenvolvimento da planta. Como podemos observar pelos tratamentos UH-JC, UH-AC e UH-JE foram os tratamentos com os menores valores de pH e os menores valores de Volume da Raiz, Massa da Raiz, Massa Total, Massa Seca, Massa Fresca de alfaces confirmadas pela Tabela 12 e Figura 17.

Em relação a condutividade elétrica, segundo Gomes et al., (1999), a cultura de alface é levemente sensível a este parâmetro em extratos de solo saturado. Para esta

cultura o valor limite de condutividade é de  $1,3 \text{ mS cm}^{-1}$ , sendo que a perda da produtividade por unidade de  $\text{mS cm}^{-1}$  a partir do valor limite é de 13%. Podemos ver através da Tabela 17, a interação da produtividade das hortaliças com os valores de condutividade da urina humana e água para os tratamentos.

Tabela 17 - Parâmetros físicos dos tratamentos utilizados na fertirrigação x Produtividade da alface crespa.

Tratamentos	Condutividade (mS.cm-1)	Massa Fresca frescas (g)	Massa raiz (g)	Comprimento raiz (cm)	Volume raiz (ml)
<b>Branco</b>	0,05	0,88	0,32	6,80	0,63
<b>Testemunha</b>	0,05	126,38	12,36	15,25	9,38
<b>UH - C</b>	46,23	20,15	3,80	8,30	3,88
<b>UH - JC</b>	45,30	4,23	1,80	7,50	1,19
<b>UH - AC</b>	48,70	5,58	1,00	7,50	0,63
<b>UH - IC</b>	44,70	64,48	8,64	10,13	9,25
<b>UH - E</b>	44,48	34,65	1,66	4,00	1,50
<b>UH - JE</b>	41,65	5,63	1,50	2,00	1,00
<b>UH - AE</b>	48,75	17,8	4,68	7,68	4,50
<b>UH - IE</b>	43,05	66,6	4,26	10,08	4,75

Como podemos observar, as maiores condutividades dos tratamentos que foram aplicados no solo para fertirrigação das alfaces foram os tratamentos da urina humana. Como verificado, os maiores teores de condutividade podem ter prejudicado os desenvolvimentos das hortaliças com a urina humana, porém os maiores teores deste parâmetro foram encontrados nos tratamentos UH-AE, UH-AC, UH-JE e UH-JC, afetaram apenas a Massa Fresca frescas, pois nos parâmetros massa, comprimento e volume da raiz estes tratamentos apresentaram resultados próximos aos demais. O tratamento UH-JC foi o mais afetado dos tratamentos, pois apenas uma planta permaneceu viva até o fim do cultivo da alface crespa.

O mesmo comportamento foi reportado por Carvalho et al., (2018), que observou uma interação significativa entre os fatores massa fresca e condutividade elétrica em alfaces irrigadas com efluente.

No entanto uma solução para que as hortaliças plantadas e o solo não sejam comprometidos com o aumento da condutividade do solo, salinidade e pH ácido, ao fazer o reuso das águas amarelas é recomendado fazer a diluição da mesma na hora da fertirrigação da cultura, pois a presença de água no armazenamento ocasionará na diminuição da concentração dos nutrientes por litro de urina e a precipitação de

fosfatos na forma de estruvita e hidroxapatita em função das elevadas concentrações de cálcio e magnésio.

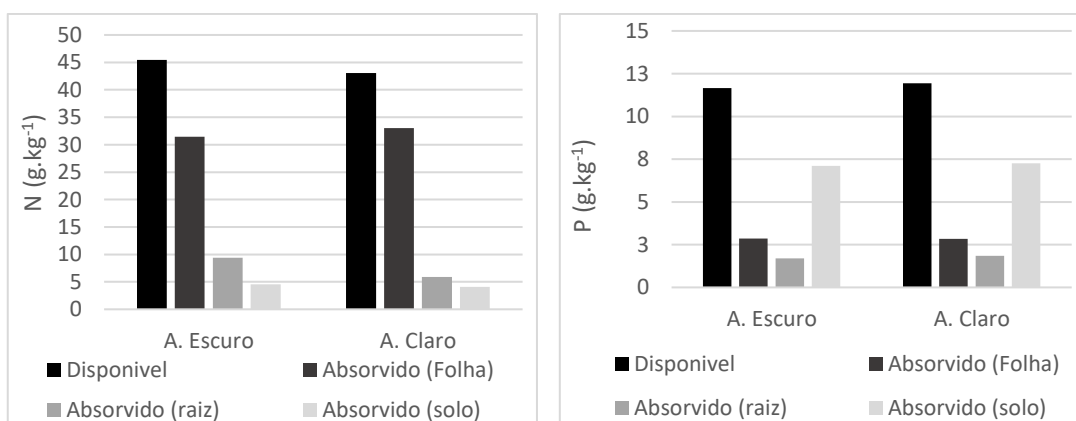
O tratamento Branco com os resultados mais inferiores dos aspectos físicos da alface, apresentou o pH dos solos mais básicos e baixa condutividade da água utilizada na irrigação das alfaces que todos os demais tratamentos. Desse modo, o baixo desenvolvimento da hortalça não deve ser atribuído a influência destes parâmetros, e sim a falta de nutrientes disponíveis.

### 5.2.2. Capacidade de absorção dos macro e micronutrientes.

Observando os resultados obtidos através dos teores de nutrientes mostrados acima, podemos avaliar a capacidade de absorção média dos nutrientes disponíveis no solo, planta e raiz mostradas nas figuras 17 e 18 abaixo. Esses valores e porcentagens de ambos os ambientes têm como objetivo mostrar e comparar os nutrientes que foram disponíveis e o que foi absorvido em cada ambiente em que a urina foi armazenada. Em relação aos ambientes, podemos ver por ambas as figuras que não houve diferença significativa dos macro e micronutrientes entre o ambiente claro e escuro.

Sua utilização sem cuidadosa aplicação pode causar volatilização de amônia intrínseca (gás de efeito estufa), aumento da condutividade do solo, salinidade e pH ácido, cujo excesso e manejo inadequado podem ocasionar pouca produtividade ou, em alguns casos, falhas nas colheitas (HEINONEN-TANSKI et al., 2005, HEINONEN-TANSKI et al., 2007, VILLA-CASTORENA et al., 2003).

Os macronutrientes mostrados na figura 17 indicam que o Nitrogênio, Potássio e Cálcio foram os elementos mais absorvidos pelas folhas, seguidos pela raiz e solo. O único elemento que apresentou maior concentração em  $\text{g.kg}^{-1}$  retido no solo foi o Fósforo, enquanto que o Magnésio teve maior concentração nas raízes das alfaces.



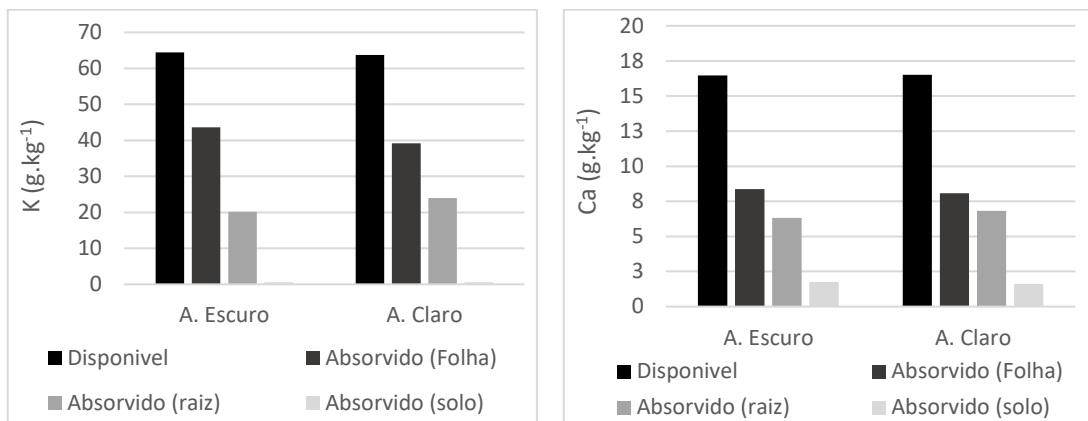


Figura 17 - Gráfico de Capacidade de Absorção Média de N, P, K, Ca, Mg e S das folhas de alface em mg kg<sup>-1</sup> por cultivo de tratamento.

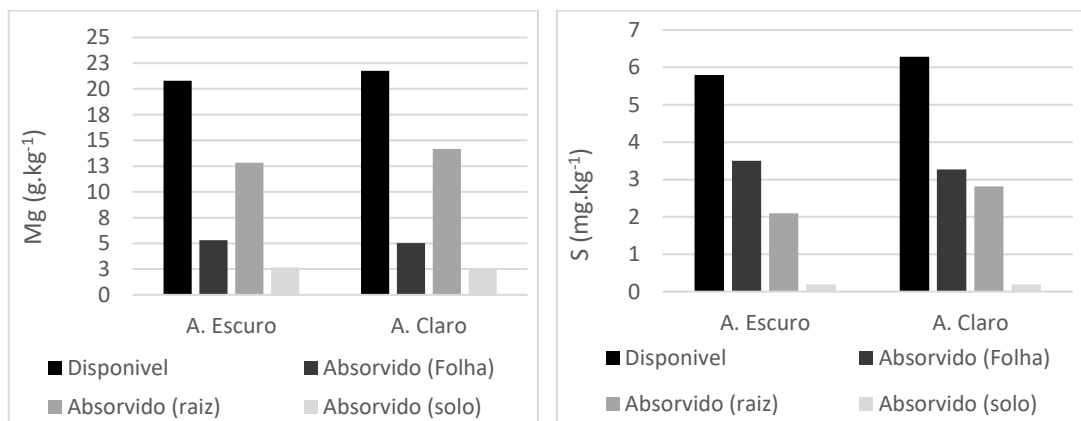


Figura 18 - Gráfico de Capacidade de Absorção Média de N, P, K, Ca, Mg e S das folhas de alface em mg kg<sup>-1</sup> por cultivo de tratamento.

Os macronutrientes, com exceção do fósforo (P) e Magnésio (Mg), apresentaram as maiores absorções na parte aérea da alface, seguidas pela raiz e solo. Os teores de Fósforo (P), Potássio (K) e Cálcio (Ca) foram inferiores aos valores encontrados por Rios (2008). Porém boa parte do P disponibilizado ficou retido no solo, com 60% de todo o nutriente disponível. Já a quantidade de K acumulada na parte aérea das alfaces encontram-se dentro dos níveis ótimos, que segundo Roord van Eysing & Smilde (1981), situa-se entre 39 a 98 g/kg.

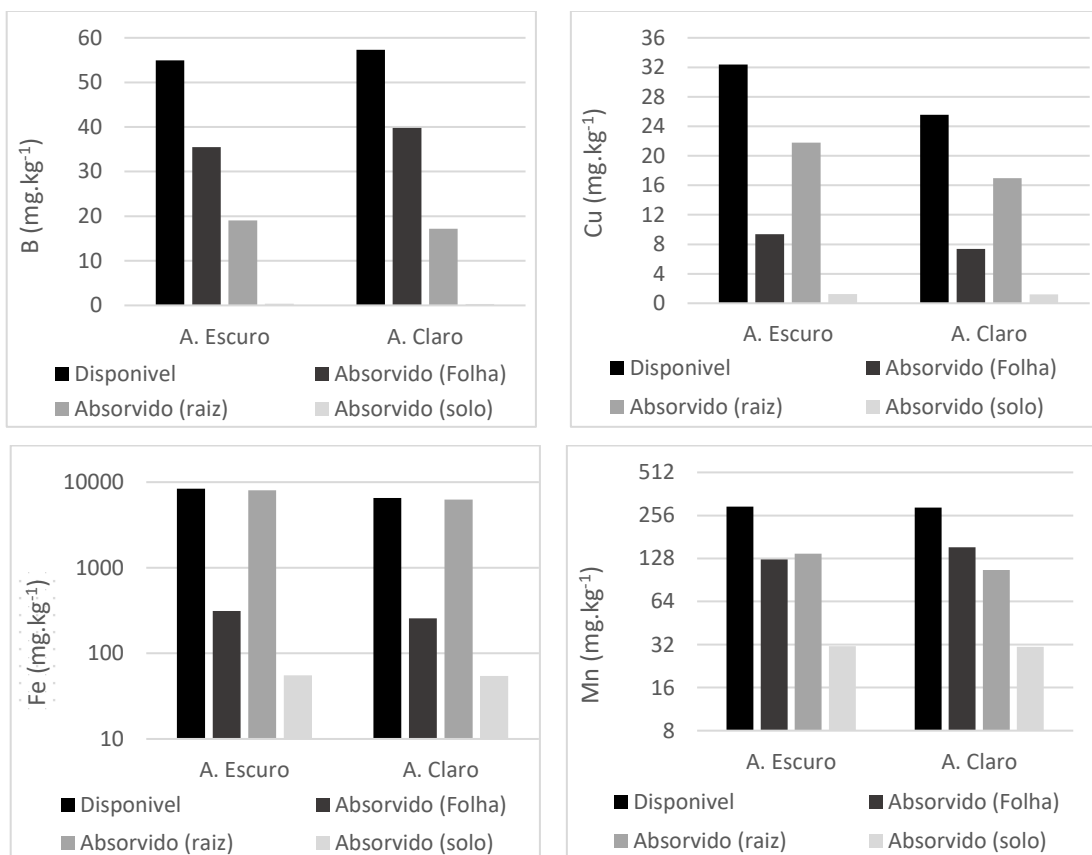
Os teores de Magnésio na faixa de 5 g kg<sup>-1</sup> em ambos tratamentos encontrados na parte aérea da hortaliça, apesar de ser inferior ao encontrado na raiz, estavam semelhantes aos valores encontrados por Rios (2008) de 3,6 a 5,9 g kg<sup>-1</sup>, que segundo a autora estava próximo ao nível ótimo do nutriente.



Os teores de Sódio nos cultivos apresentaram valores nas áreas foliares de 3,27 a 3,5 g kg<sup>-1</sup> com teor percentual de nutriente absorvido com aproximadamente 60% para o ambiente escuro e 52% para o ambiente claro. Estes valores apresentam-se acima do encontrado no melhor tratamento (T1 com 5% de urina humana) de Rios (2008).

Comparando os valores de macronutrientes no cultivo da alface em diferentes ambientes, com os teores obtidos por Rios (2008), 44 a 48 g kg<sup>-1</sup> de Nitrogênio (N) na parte aérea das alfaces cultivadas em solução hidropônica com urina humana, podemos observar que este trabalho apresentou valores próximos na faixa de 32 g kg<sup>-1</sup>, absorvendo cerca de 69% do que foi disponibilizado.

Os micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) presentes na parte aérea da raiz da hortaliça, bem como o solo cultivados em urina humana podem ser observadas na figura 18.



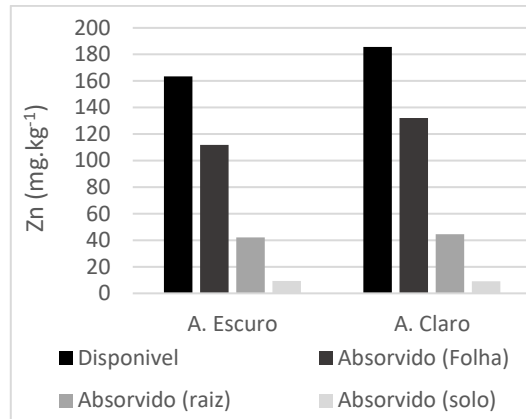


Figura 19 - Gráfico de Capacidade de Absorção Média de B, Cu, Fe, Zn e Mn das folhas de alface em mg kg<sup>-1</sup> por cultivo de tratamento.

Como podemos observar, por mais que um nutriente tenha sido disponibilizado em maior quantidade em um dos ambientes em que a urina humana foi armazenada, a hortaliça obedeceu a uma média de absorção semelhante para todos os nutrientes como o Cobre que em ambiente escuro disponibiliza 32,39 g kg<sup>-1</sup> e no segundo 25,57 g kg<sup>-1</sup> com absorções de 29% em ambos ambientes.

Este nutriente, assim como Magnésio (Mg) e Ferro (Fe) apresentaram as maiores absorções na raiz com porcentagem em ambiente escuro e claro de 67 e 66% de Cu; 62 e 65% para Mg; 96 e 95% de Fe.

Os teores de B acumulados na parte aérea das alfaces no cultivo em ambos tratamentos são próximos aos valores encontrados por Rios (2008), acima dos valores ótimos para o cultivo entre 24 – 37 mg kg<sup>-1</sup>. Segundo a autora, quando os valores dos nutrientes se encontram elevados estes podem causar queimaduras e necrose nas folhas.

Os teores recomendados para Mn e Zn são de 30 a 50 mg L<sup>-1</sup> de Mn; e 30 a 100 mg kg<sup>-1</sup> de Zn e ambos os tratamentos deste estudo apresentaram teores maiores do que o recomendado. Diante dessa afirmativa, os excessos destes nutrientes podem trazer malefícios as hortaliças, o Mn pode causar manchas necróticas ao longo do tecido da planta, já o Zn pode ocasionar a indução da carência de P e ou Zn (RIOS, 2008).

Os níveis de Fe têm um papel importante na síntese da clorofila e dos citocromos, além de influenciar a respiração, a fotossíntese e a fixação de nitrogênio. Estes valores apresentaram teores acima de 50 – 150mg kg<sup>-1</sup>.

Os nutrientes considerados essenciais são classificados de acordo com as concentrações relativas nos tecidos vegetais na seguinte ordem crescente:

N>K>Ca>Mg>P>S>Fe>B>Mn>Zn>Cu, essa ordem difere do experimento, sendo a ordem de: N>K>Zn>B>S>Ca>Mn>Cu>P>Mg>Fe. Pois as altas concentrações de Zinco, Boro, Sódio e Manganês e o baixo teor de Fósforo, alteraram a ordem relatada pelo autor.

## 6. CONCLUSÕES

### Caracterização da urina humana

- Houve variação do pH e da condutividade e estes aumentaram significativamente para todas as amostras de urina, a partir do momento que houve a hidrólise da uréia durante os meses em que esteve estocada.
- A condutividade elétrica manteve o equilíbrio a partir dos 90 dias, com concentração média de  $45,36 \text{ Ms cm}^{-1}$  nos últimos 180 dias.
- O pH apresentou uma média de 8,87, apresentou característica alcalina, e pouca variação.
- A quantidade de nutrientes na urina humana variou de acordo com a faixa etária, sendo encontrados em maior quantidade na urina de idosos, jovens e adultos respectivamente.
- O ambiente escuro se destacou por ser o tratamento que apresentou o menor decaimento dos nutrientes de aproximadamente 49% da concentração inicial de  $\text{NH}_4\text{-N}$  e 70% de P.
- O comportamento do nitrogênio amoniacal de solubilidade e volatilidade pela variação da temperatura foi reportado somente em ambiente escuro aos 180 dias, não sendo suficiente para observar uma maior dinâmica de solubilização. O ambiente claro a que era mais esperado este comportamento foi afetado pelos danos do recipiente.
- A Análise de Componentes Principais, corrobora com o que foi observado na correlação através dos tratamentos e a caracterização dos parâmetros químicos.
- As amostras IFE e IME, presentes nas pontas do polígono são os que apresentaram melhores resultados e correlação com os nutrientes supracitados, pois foram os tratamentos que melhor se apresentaram como alternativa para a reutilização da urina humana, com concentração de nutrientes maior que os demais e baixa condutividade.

## Produção agrônômica

- As plantas se desenvolveram melhor e proporcionalmente ao aumento da quantidade da concentração de urina humana, mostrando que o experimento não sofreu com stress nutricional.
- A testemunha foi o tratamento que mais se desenvolveu, no entanto apresentou semelhança estatística com tratamento UH-IC e UH-IE nos parâmetros comprimento, volume e massa da raiz com os melhores resultados agrônômicos na massa fresca, massa total e massa seca.
- Neste estudo observamos que a capacidade de absorção de nutriente para uma planta obedece a uma média proporcional de absorção para os nutrientes, independente da disponibilidade de nutrientes dos cultivos.
- A ordem crescente em mg kg<sup>-1</sup> de elementos nos tecidos vegetais ficou na seguinte ordem crescente de N>K>Zn>B>S>Ca>Mn>Cu>P>Mg>Fe para absorção/recuperação de nutrientes.
- Evidencia-se a importância da urina humana como uma promissora alternativa ao fertilizante comercial, em especial para sistemas de cultivo descentralizados e de pequena escala, individuais ou em hortas comunitárias pois nos mostraram disponibilizar grande aporte nutricional, baixo custo de transporte e pequena área livre para armazenamento da urina. Além disso, saliento a necessidade de se quebrar a barreira social e cultural para a utilização das excretas humanas, uma vez que atualmente é considerado comum, saudável e aceitável o cultivo orgânico, com a utilização de esterco animal como fertilizante natural. Recomendo o maior compartilhamento e troca de informações desta pesquisa e outras similares que possam trazer otimização das pequenas culturas e fazer da pesquisa uma ciência aplicada.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969 – Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, set. 1997.
- ADEOLUWA, O. O.; AWORUWA1, C. O.; OGUNSANYA O. E. Influence of Human Urine-compost Mixture on Some Soil Fertility Properties, Yield and Shelf-life of Tomato (*Solanum lycopersicon*). American Journal of Experimental Agriculture 11(1): 1-10, 2016, Article no.AJEA.19823 ISSN: 2231-0606. DOI: 10.9734/AJEA/2016/19823.
- ALBERONI, R.B. Hidroponia – Como instalar e manejar o plantio de hortaliças dispensando o uso do solo. São Paulo: Nobel. 1º Ed. 1998.102p.
- ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, ATLAS IRRIGAÇÃO Uso da Água na Agricultura Irrigada. Brasília, 2017.
- ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Descrição dos meios de cultura empregados nos exames microbiológicos. Módulo IV. Acesso em: 07/12/2016.
- AKPAN-IDIOKA, A. U.; UDOB, I. A.; BRAIDEC, E. I. The use of human urine as an inorganic fertilizer in the production of okra (*Abelmoschus esculentus*) in South Eastern Nigeria. Resources, Conservation and Recycling, 62, p. 14-20. 2012.
- APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22. ed. Washington: [s.n.], 2012.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, 4th ed. Washington:
- ARAÚJO, N. C.; COURA, M. A.; OLIVEIRA, R.; SABINO, C. M. B; OLIVEIRA, S. J. C.; Cultivo hidropônico de milho fertirrigado com urina humana como fonte alternativa de nutrientes, Irriga, Botucatu, v. 20, n. 4, p. 718-729, outubro - dezembro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMÉRCIO DE SEMENTES E MUDAS – ABCSEM. Dados do setor. Disponível em: . Acesso em: 20 de março de 2019.

- BAI, J., XIAO, R., CUI, B., ZHANG, K., WANG, Q., LIU, X., GAO, H., & HUANG, L. (2011). Assessment of heavy metal pollution in wetland soils from the young and old reclaimed regions in the Pearl River estuary, South China. *Environmental Pollution*, 159, 817–824.
- BAI, J., ZHAO, Q., LU, Q., WANG, J., & REDDY, K. R. (2015). Effects of freshwater input on trace element pollution in salt marsh soils of a typical coastal estuary, China. *Journal of Hydrology*, 520, 186–192.
- BASTOS, 2003. HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, município e recarga de aquíferos. In: Mancuso, P. C. S.; Santos, H. F. Reuso de Água. 1. Ed. Manole LTDA, 2003. Cap. 3, p. 37-96.
- BATAGLIA, O.C. Métodos de análise química de plantas, por Ondino Cleante Bataglia, Ângela Maria Cangiani Furlani, João Paulo Feijão Teixeira, Pedro Roberto Furlani e José Romano Gallo. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 48p.
- BAZZARELLA, B. B. et al. Caracterização quali-quantitativa da urina humana com vistas ao aproveitamento agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande (MS). Anais... Campo Grande: ABES, 2005. v. 1, p. 186 - 187.
- BEHRENDT, J.; AREVALO, E.; GULYAS, H.; NIERDERSTE-HOLLENBERG, J.; NIEMIEC, A.; ZHOU, J.; OTTERPOHL, R. Production of value added products from separately collected urine. In: IWA World water congress Proceedings: Berlin, Alemanha. 2001. 6p
- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; PALARETTI, L. F. Irrigação: princípios e métodos. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 318 p.
- BICHLER, K. H.; EIPPER, E.; NABER, K.; BRAUN, V.; ZIMMERMANN, R.; LAHME, S. Urinary infection stones. *International Journal of Antimicrobial Agents*, v. 19, p. 488-498, 2002.
- BERTONCINI, E. I. Tratamento de efluentes e reúso da água no meio agrícola. *Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária*. São Paulo, Junho de 2008
- BOMABAIL, V.; A.W. D.; GORDON, E.; BATTY, J. Application of the comet and micronucleus assays to butterflyfish (*Pholisgunnellus*) erythrocytes from the Firth of Forth, Scotland. *Chemosphere*. 2001, 44: 383-392.
- BONY, S.; GILLE, C.; BOUCHEZ, A.; MARGOUM, C.; DEVAUX, A. Genotoxic pressure of vineyard pesticides in fish: Field and mesocosm surveys. *Aquatic Toxicology*. 2008, 89: 197–203.

- BORTEY-SAM, N., NAKAYAMA, S. M. M., AKOTO, O., IKENAKA, Y., BAIDOO, E., MIZUKAWA, H., & ISHIZUKA, M. (2015). Ecological risk of heavy metals and a metalloid in agricultural soils in Tarkwa, Ghana. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12, 11448–11465.
- BOTTO, M. P.; MUNIZ, L. F.; AQUINO, B. F.; SANTOS, A. B.. Crescimento e produtividade do milho híbrido fertilizado com urina humana na agricultura de pequeno porte. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.9, n.2, p.195-206, 2018. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.002.0017>
- BOTTO, M. P.; SANTOS, A. B. Saneamento básico em comunidade peri-urbana no Ceará: perspectiva para o ecossaneamento e sanitários separadores. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, Salvador, BA, v.1, n.1, p. 98-110, 2013.
- CALABRESE, E. J., & BALDWIN, L. A. (1998). Hormesis as a biological hypothesis. *Environmental Health Perspectives*, 106(suppl 1), 357–362. doi:10.1289/ehp.98106s1357.
- CAO Q, Yu Q, Connell DW. Fate simulation and risk assessment of endocrine disrupting chemicals in a reservoir receiving recycled wastewater. *Sci Total Environ* 2010; 408:6243-50. 19.
- CALDWELL DJ, MASTROCCO F, NOWAK E, JOHNSTON J, YEKEL H, PFEIFFER D, ET AL. An assessment of potential exposure and risk from estrogens in drinking water. *Environ Health Perspect* 2010; 118:338-44
- COLLINS, C. H.; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S. Fundamentos de cromatografia. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, p. 17-263, 2007.
- DAUGHTON, C.G; TERNES, T.A; Pharmaceuticals and personal care products in the environment: agents of subtle change?, *Environ Health Perspect*, 107 Suppl 6 (1999) 907-938.
- D.G.RANDALL, V.NAIDOO, Urine: the liquid gold of wastewater, *Journal of Environmental Chemical Engineering* <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.04.012>
- EC. 2000. Working document on sludge. 3rd draft. European Communities, Brussels.
- EC (European Council). Council Regulation (EC) no 834/2007 of 28 June 2007 on organic production and labelling of organic products and repealing Regulation (EEC) no 2092/91; 2007.
- EC (European Council). Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain directives; 2008a



- EGLE L, RECHBERGER H, KRAMPE J, ZESSNER M (2016) Phosphorus recovery from municipal wastewater: An integrated comparative technological, environmental and economic assessment of P recovery technologies, *Science of the total environment*, 571, 522-542.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Métodos de análise de Tecidos Vegetais. ISSN 1517-5146. Rio de Janeiro, 2000.
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de solos. Manual de métodos de análise de solos. E. E. ver. E atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2009.627P.
- EPA - US Environmental Protection Agency e US Agency for International Development. Guidelines for water Reuse: EPN625/R-92/004, Washington, D.C. 1992.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Nutrição Mineral de Plantas – Princípios e Perspectivas. 2º Edição. Editora Planta, 2006.
- ESREY, S. et al. Ecological sanitation. Sida, Stockholm, 1998.
- ESREY, S. 2000. Rethinking sanitation: Panacea or Pandora's box. In: Chorus, I., Ringelband, G., Schlag, G. and Schmoll, O. (eds.) *Water, Sanitation and Health. Proceedings of the International Conference, Bad Elster, Germany, 24-28 November, 1998.* IWA Publishing, London, UK. p. 7-14.
- ESREY, S.; ANDERSSON, I.; HILLERS, A.; SAWYER, R. Closing the loop Ecological Sanitation for food security. SIDA, Stockholm, Sweden. 2001.
- ETTER, B.; TILLEY, E.; KHADKA, R.; UDERT, K.M. Low-cost struvite production using source-separated in Nepal. *Water Research* v.45, 2011. P. 852-862.
- FEACHEM, R.G., BRADLEY, D.J., GARELICK, H., MARA, D.D., 1983. Sanitation and Disease. Health Aspects of Excreta and Wastewater Management. World Bank Studies in Water Supply and Sanitation. John Willey and Sons, New York.
- FENG, D.; WUB, Z; XU, S. Nitrification of urine for its stabilization and nutrient recycling. *Bioresource technology* v. 99, 2008. p. 6299-6304.
- FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; BRAZ, L. T. Classificação de tomate-cereja em função do tamanho e peso dos frutos. *Horticultura Brasileira* v. p.25 275-278. 2007.
- FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2ª ed., UFV, 2003.
- GANROT, Z. Urine processing for efficient nutrient recovery and reuse in agriculture. Göteborg: Göteborg University, 2005. 170 p. Thesis for the degree of Doctor of Philosophy.

- GANTENBEIN, B.; KHADKA, R.. Struvite Recovery from Urine at Community Scale in Nepal: Final Project Report Phase 1. Dübendorf, Switzerland: Swiss Federal Institute Of Aquatic Science And Technology (Eawag), 2009. 108 p.
- GERMER, J.; ADDAIB, S.; SAUERBORNA, J.. Response of grain sorghum to fertilisation with human urine. *Field Crops Research*, Amsterdã, v.122, n.3, p.234-241, 2011. DOI: <http://10.1016/j.fcr.2011.03.017>.
- GONÇALVES, Ricardo Franci (Coord.). *Uso racional da água em edificações*. ABES. Rio de Janeiro, Sermograf, 2006.
- GRISOLIA, C. K.; RIVERO, C. L.G.; STARLING, F. L. R. M.; SILVA, I. C. R.; BARBOSA, A. C.; DOREA, J. G. Profile of micronucleus frequencies and DNA damage in different species of fish in a eutrophic tropical lake. *Genetics and Molecular Biology*. 2009, 32(1): 138-143.
- GUIDOLIN, J.C. *Reuso de efluentes*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. 2000.
- GUYTON, A.C.; HALL, J.E. *Tratado de fisiologia medica*. 11. ed. Rio de Janeiro (RJ): Guanabara Koogan, 2006. p.1115.
- GUZHA, E.; NHAPI, I.; ROCKSTRÖM, J. An assessment of the effect of human faeces and urine on maize production and water productivity. *Physics and Chemistry of the Earth*, v. 30, p. 840–845. 2005.
- HEINONEN-TANSKI, H.; SJÖBLOM, A.; FABRITIUS, H.; KARINEN, P. Pure human urine is a good fertilizer for cucumbers. *Bioresour. Technol.* 2007, 98, 214–217.
- HEINONEN-TANSKI, H., VAN WIJK-SIJBESMA, C., 2005. Human excreta for plant production. *Bioresource Technol.* 96 (4), 403–411.
- HELLSTROM, D. JOHANSSON, E. GRENNBERG, K. Storage of human urine: acidification as a method to inhibit decomposition of urea. *Ecological Engineering* v.12, 1999. P. 253-269
- HESPANHOL, I. *Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, município e recarga de aquíferos*. In: Mancuso, P. C. S.; Santos, H. F. *Reuso de Água*. 1. Ed. Manole LTDA, 2003. Cap. 3, p. 37-96.
- HOGLUND, C. *Evaluation of microbial health risks associated with the reuse of source-separated human urine (Tese)*. Royal Institute of technology, Department of Biotechnology, applied Microbiology e Swedish Institute for infectious Disease Control, Department of water and Environmental Microbiology. Estocolmo, Suécia. 2001. 87p.

JOHANSSON, M. et al. Final report for source-separated human urine: A future source of fertilizer for agriculture in the Stockholm region. Prepared for the Stockholm Water Company, Stockholm, 2002.

JOHANSSON, M.; JÖNSSON, H.; HÖGLUND, C.; STINTZING, A. R; RODHE, L. Urine separation – closing the nutrient cycle (English version of report originally published in Swedish). Stockholm Water Company. Stockholm., Sweden, 2000.

JOHANSSON, M.; JÖNSSON, H.; HÖGLUND, C.; STINTZING, A. R; RODHE, L. Urine separation – closing the nutrient cycle (English version of report originally published in Swedish). Stockholm Water Company. Stockholm., Sweden, 2001.

JOKELA, D.; NAIR, A. Effects of reduced tillage and fertilizer application method on plant growth, yield, and soil health in organic bell pepper production. *Soil Tillage Res.*, 163 (2016), pp. 243-254

JOHANSSON, M.; JÖNSSON, H.; HÖGLUND, C.; STINTZING, A. R; RODHE, L. Urine separation – closing the nutrient cycle (English version of report originally published in Swedish). Stockholm Water Company. Stockholm., Sweden, 2001.

JÖNSSON, H., ERIKSSON, H. AND VINNERÅS, B. Collection tanks for human urine – ventilation and ammonia loss. (Uppsamlingstankar för humanurin - gasväxling och ammoniakförlust). Department of Agricultural Engineering, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. Manuscript. (In Swedish, English summary).

JÖNSSON H, STINTZING A.R.; VINNERÅS, B.; SALOMON, E. Guidelines on the Use of Urine and Faeces in Crop Production, EcoSanRes Publication Series Report 2004-2, Stockholm Environment Institute, Sweden; 2004

KASSA, K.; MEINZINGER, F.; ZEWDIE, W.. Experiences from the use of urine in Arba Minch, Ethiopia. *Sustainable Sanitation Practice Journals*, Issue 3, 2010.

KATAYAMA M (1993) Nutrição e Adubação de alface, chicória e almeirão. In: Ferreira ME, Castellane PD & Cruz MCP (Eds.) Nutrição e Adubação de Hortaliças. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. p.141-148.

KHAN, K., LU, Y., KHAN, H., ISHTIAQ, M., KHAN, S., WAQAS, M., WEI, L., & WANG, T. (2013). Heavy metals in agricultural soils and crops and their health risks in Swat District, northern Pakistan. *Food and Chemical Toxicology*, 58, 449–458.

KIRCHMANN, H. & PETTERSSON, S. 1995. Human urine – chemical composition and fertilizer efficiency. *Fertilizer Research* 40:149-154.

- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes, Wallmap 150cmx200cm, 1928.
- LANGERGRABER, G., MUELLEGGER, E., 2005. Ecological Sanitation –a way to solve global sanitation problems? *Environ. Int.* 31, 433–444.
- LENTNER, C., LENTNER, C. & WINK, A. 1981. *Units of Measurement, Body Fluids, Composition of the Body, Nutrition*. Geigy Scientific Tables. Ciba-Geigy, Basel, Switzerland.
- LIND, B.B; BAN, Z.; BYDEN, S. Nutrient recovery from human urine by struvite crystallization with ammonia adsorption on Zeolite and wollastonite. *Ecological Engineering*, v.16, 2001. P561-566.
- LIND, B.-B., BAN, Z., & BYDÉN, S. (2001). Volume reduction and concentration of nutrients in human urine. *Ecological Engineering*, 16(4), 561–566. doi:10.1016/S0925-8574(00)00107-5
- LIU, Q., LIU, C., ZHAO, L., MA, W., LIU, H., MA, J., 2016. Integrated forward osmosis-membrane distillation process for human urine treatment. *Water Res.* 91, 45–54.
- LOPES, MAFALDA F. A. A. *Aplicação de VANT em estudos geomorfológicos dos litorais rochosos: o exemplo de S. Paio, Vila do Conde*. Dissertação de Mestrado. - Faculdade de Letras da Universidade do Porto Porto Portugal, 2015.
- LOPES, H. J. de J.. *O laboratório Clínico na Avaliação da Função Renal*. Belo Horizonte (MG): Analisa, 2004. 27 p.
- LORENZ, K.; LAL, R. Chapter three—environmental impact of organic agriculture. *Adv. Agron.*, 139 (2016), pp. 99-152.
- MAGRI, M.E. *Aplicação de processos de estabilização e higienização de fezes e urina humanas em banheiros secos segregadores*. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013.
- MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição de plantas*. Ed. Agroceres, SP. 1980. p.284
- MANILA, C. F. *Ecological Sanitation – An Introduction to the Philippines*. Philippines, 2003.
- MARTINEZ, H. E. P.; FILHO, J. B. da S. *Introdução ao cultivo hidropônico de plantas*. 2 ed. Viçosa: UFV, 2004. 72 p.
- MARTINS, C. F.; UBERTI, M. F.; WARPECHOWSKI, T. P.; SCHUELTER-TREVISOL, F.; TREVISOL, D. J. *Utilização de medicamentos em crianças internadas em um hospital geral*. Scientia Medica. Tubarão, SC, 2017.

- MAURER, M., PRONK, W., LARSEN, T.A., 2006. Treatment processes for source-separated urine. *Water Research* 40 (17), 3151–3166.
- MERCK, S. D. Manual Merck de informação médica. São Paulo: Manole, 2002.
- MICO, C., PERIS, M., SANCHEZ, J., & RECATALA, L. (2006). Heavy metal content of agricultural soils in a Mediterranean semi arid area: the Segura River Valley (Alicante, Spain). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 4, 363–372.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Agrotóxicos. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/agrotoxicos>. Acessado em: 07 set. 2018.
- MITCHELLEMORE, C. L.; CHIPMAN, J. K. DNA strandbreakage in aquatic organisms and the potential value of the comet assay in environmental monitoring. *Mutation research*, 1998, 399(2):135-47. ISSN 4412141454. Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9672656> >. Acesso em: 06 set 2018.
- MNKENI, P.N.S., KUTU, F.R., MUCHAONYERWA, P., AUSTIN, L.M., 2008. Evaluation of human urine as a source of nutrients for selected vegetables and maize under tunnel house conditions in the eastern cape, south africa. *Waste Management Research* 26 (2), 132–139.
- MÜLLER, P.; FREITAS, C. H. C.; PEDRO, J. P. B. Urina humana como fertilizante: experimento com pimenta de cheiro (*capiscum* spp.) na amazônia central, In: Toledo, F. S., Meio Ambiente em Foco, Editora Poisson. Volume 7, 1ª Edição, Belo Horizonte, 2019.
- NARAIN, S. Why the flush toilet is ecologically mindless and why we need a paradigm shift in sewage technology. In: International symposium on ecological sanitation, 2., abril 2003, Lübeck.
- NASCIUTTI, P. R. Desenvolvimento de novos fármacos. 2012. 36 F. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia) . Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2012.
- OTTERPOHL, R.; BEHRENDT, J.; TETTENBORN, F. Resource recovery and removal of pharmaceutical residues; treatment of separate collected urine. Final report for task 7 of the demonstration Project “Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater (SCST)”. 2007. 127p.
- OYAMA, C., 2013. Human urine nutrients as agricultural fertilizer: economic viability analysis of a production model based on solidarity economy and family farming, ed. Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), São Paulo.

- PAGANINI, W. S. Reuso de água na agricultura. In: Mancuso, P. C. S.; Santos, H. F. Reuso de Água. 1. Ed. Manole LTDA, 2003. Cap. 10, p. 339-402.
- PARUCH, A.M. 2012. Preservation of nutrients during long-term storage of source-separated yellowwater. *Water Science & Technology* 66:804–809.
- PEDRERO, F.; KALAVROUZIS, I.; ALARCÓN, J. J.; KOUKOULAKIS, P.; ASANO, T. Use of treated municipal wastewater in irrigated agriculture – Review of some practices in Spain and Greece. *Agricultural Water Management*. Elsevier, 2010. doi:10.1016/j.agwat.2010.03.003
- PENTEADO S.R. (2004). Cultivo orgânico de tomate. Viçosa: Aprenda fácil. 214p.
- PRONK, W.; KONÉ, D. Options for urine treatment in developing countries. *Desalination* v.248, 2009. P. 360-368.
- PRADHAN S.K., HOLOPAINEN J.K. AND HEINONEN-TANSKI H. Stored Human Urine Supplemented with Wood Ash as Fertilizer in Tomato (*Solanum lycopersicum*) Cultivation and Its Impacts on Fruit Yield and Quality. *Agricultural and Food Chemistry*, v. 57, n. 16, p. 7612–7617, 2009.
- PRADHAN, S. K.; HOLOPAINEN, J. K.; WEISELL, J.; HEINONEN-TANSKI, H. Human Urine and Wood Ash as Plant Nutrients for Red Beet (*Beta vulgaris*) Cultivation: impacts on Yield Quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, p. 2034 – 2039. 2010a.
- PRADHAN, S.K.; NERG, A.M.; SJOBLUM, A.; HOLOPAINEN, J.K.; HEINONEN-TANSKI, H. Use of Human Urine Fertilizer in cultivation of Cabbage (*Brassica oleracea*) – Impact on chemical, Microbial, and Flavor Quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 55, p. 8657 – 8863. 2007.
- PRADHAN, S. K.; PITKÄNEN, S.; HEINONEN-TANSKI, H. Fertilizer value of urine in pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) cultivation. *Agricultural and Food Science*, v. 19, n. 1, <https://doi.org/10.2137/145960610791015032>. 2010.
- RAHMATI, O.; MELESSE A.M. Application of Dempster–Shafer theory, spatial analysis and remote sensing for groundwater potentiality and nitrate pollution analysis in the semi-arid region of Khuzestan, Iran. *Science of the Total Environment* 568, 1110-1123
- REISSER Jr, C. Evapotranspiração da alface (*Lactuca sativa*) em estufa plástica e ambiente natural. Dissertação de Mestrado. Santa Maria: UFSM, 1991. 78 p.

- RESENDE, B.L.A.; CANATO, G.H.D; CECÍLIO FILHO, A.B. Productivity of lettuce and radish cultivations as function of spacing and of time of establishment of intercropping. *Acta hort. (ISHS)* 670.97-101, 2003.
- RICHERT STINTZING, A., RODHE, L. & ÅKERHIELM, H. 2001. Human urine as fertilizer – plantnutrients, application technique and environmental effects (In Swedish, English summary). *JTI-Rapport Lantbruk & Industri* 278, Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering. Sweden.
- RIOS, E. C. Uso de águas amarelas como fonte alternativa de nutriente em cultivo hidropônico da alface (*Lactuca sativa*). 2008. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Departamento de Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.
- ROEL, A. R. Organic or ecological agriculture and the sustainability of agriculture. *Interações Revista Internacional de Desenvolvimento Local*. Vol. 3, N. 4, p. 57-62, Mar. 2002.
- ROORDA VAN EYSINGA, J. P. N. L.; SMILDE, K. W. Nutritional Disorders in Glasshouse Tomatoes, Cucumbers, and Lettuce. Centre for Agricultural Publishing & Documentation. ISBN-13: 978-9022007372.
- ROSE, C.; PARKER, A.; JEFFERSON, B. CARTMELL, E. (2015) A Caracterização de Fezes e Urina: Uma Revisão da Literatura para Informar Tecnologia Avançada de Tratamento, *Avaliações Críticas em Ciência Ambiental e Tecnologia*, 45:17, 1827-1879, DOI: 10.1080 / 10643389.2014.1000761
- RONTELTAP, M.; MAURER, M.; GUJER, W.; HAUSHERR, G. Struvite precipitation from urine – Influencing factors on particle size. *Water Research* v.44, 2010. P. 2038-2046.
- SILVA, E.A; MENDONÇA, V.; TOSTA, M.S.; OLIVEIRA, A.C.; REIS, L.L.; BARDIVIESSO, D.M. Germinação da semente e produção de mudas de cultivares de alface em diferentes substratos. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, p. 245-254, 2008.
- SILVA FAM; VILLAS BÔAS RL; SILVA RB.. Resposta da alface à adubação nitrogenada com diferentes compostos orgânicos em dois ciclos sucessivos. *Acta Scientiarum. Agronomy* 32: 131-137, 2010.
- SALA, F. C.; COSTA, C. P. da. Retrospectiva e tendência da alface cultura brasileira. *Horticultura Brasileira*, v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012 .Disponível em:

- SOUZA, R. B. de; ALCÂNTARA, F. A. de. Adubação no sistema orgânico de produção de hortaliças. Embrapa Hortaliças - Circular Técnica. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2008
- SCHÖNNING, C., LEEMING, R. ANDSTENSTRÖM, T.A. 2002. 'Faecalcontaminationofsource-separatedhuman urine basedonthecontentoffaecalsterols.' *WaterResearch* 36 (8): 1965-1972.
- SCHÖNNING, C. Schönnig, C. Hygienicaspectsonthe reuse ofsourceseparatedhuman urine. In: NJF Seminar, n. 327, Copenhagen, 2001. Disponível em: <<http://www.agsci.kvl.dk/njf327/papers/reviewedSchonning.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2005.
- SENE, M.; HIJIKATA, N.; USHIJIMA, K.; FUNAMIZU, N. Adequatehuman urine applicationpattern for agriculture. *InternationalResearchJournalofAgricultural Science andSoil Science*, v. 2(1), p. 38-45. 2012. Disponível em: <http://www.interestjournals.org/IRJAS>. Acesso em: 10 de dez. 2012.
- SHANNON MA, BOHN PW, ELIMELECH M, GEORGIADIS JG, MARINAS BJ, MAYES AM. Science and technology for water purification in the coming decades. *Nature* 2008;452: 301–10.
- SHRESTHA, D.; SRIVASTAVA, A.; SHAKYA, S. M.; KHADKA, J.; ACHARYA, B. S.. Use of compost supplemented human urine in sweet pepper (*Capsicum annum* L.) production. *Scientia Horticulturae*, Amsterdã, v.158, n.1, p.8-12, 2013. DOI: <http://10.1016/j.scienta.2013.01.022>
- SILVA, S.F., BRITTO, V., AZEVEDO, C., KIPERSTOK, A., 2014. Rational consumption of water in administrative public buildings: the experience of the Bahia administrative center, Brazil. *Water* 6, 2552 –2574. <https://doi.org/10.3390/w6092552>.
- SRIDEVI, G., SRINIVASAMURTHY, C.A., 2010. Utilization of human urine as a supplement to fertilizers in maize production. *Madras Agric. J.* 97 (7–9), 261–264.
- STRASINGER, S. K. *Uroanálise e Fluidos Biológicos*. 3. ed., Editora Premier, São Paulo, 1996.
- STRASINGER, S.K. *Uroanálise e Fluidos Biológicos*, 3. ed, Editoria Premier, São Paulo, 2000.
- SUNDIN, K. A.; LEEMING, R. L.; STENSTROÈM, T. A. B. Degradation of faecal sterols in urine for assessment of faecal cross-contamination in source-separated human urine and urine storage tank sediment. *Water Resorch*. Vol. 33, No. 9, pp. 1975±1980, 1999.



SWEDISH EPA. 2002. Actionplan for recycling of phosphorous and sludge. (Aktionens plan för braslam och fosfor i kretslopp (In Swedish, Englishsummary)). NV report 5214, Stockholm, Sweden.

SWEDISH EPA. What does household wastewater contain? (Vad innehåller avloppsvatten från hushåll?). Report 4255, Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm, Sweden, 1995 (in Swedish).

THIBODEAU, G.A.; PATTON, K. T. (1960) *Structure & Function of the Body*. Elsevier Health Sciences, 17 de nov de 2015 - 592 páginas

TRIVIÑO, JJ, GÓMEZ, M., VALENZUELA, J., VERA, A., & ARANCIBIA, V. (2019). Determinação de hormônios naturais ( $17\beta$ -estradiol) e sintéticos ( $17\alpha$ -etinilestradiol) em formulações farmacêuticas e na urina por voltametria por adsorção. *Sensores e atuadores B: Chemical*, 126728. doi: 10.1016 / j.snb.2019.126728

UDERT, K.M.; FUX, C.; MUNSTER, M.; LARSEN, TA.; SIEGRIST, H.; GUJER, W. Nitrification and autotrophic denitrification of source-separated urine. *Water Science and Technology*. V.54 (11-12), 2006. P.413-420.

UDERT, K. M.; LARSEN, T. A.; GUJER, W. Estimating the precipitation potential in urine-collecting systems. *Water Research*. v. 37, p. 2667–2677, 2003.

UDERT, K.M.; WACHTER, M.; Complete nutrient recovery from source-separated urine by nitrification and distillation, *Water Research*, 46 (2012) 453-464.

UPRETI, H.; SHRESTHA, P.; PAUDEL, P. Effect of human urine as fertilizer on crop production. *Agronomy Journal of Nepal*, v. 2, n. 0, 2011.

VALDES, S.A.C. Estudo da contaminação por agrotóxicos em aves da Família *Camprimulgidae* no Parque Nacional das Emas (GO). Tese (Doutorado em ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Universidade de São Paulo. Piracicaba SP. 2007.

VILLA-CASTORENA M, ULERY AL, CATALÁN-VALENCIA EA, REMMENGA MD. Salinity and nitrogen rate effects on the growth and yield of chile pepper plants. *Soil Sci Soc Am J* 2003;67:1781–9.

VINNERÅS, B., NORDIN, A., NIWAGABA, C., & NYBERG, K. (2008). Inactivation of bacteria and viruses in human urine depending on temperature and dilution rate. *Water Research*, 42(15), 4067–4074. doi:10.1016/j.watres.2008.06.014.

VISKARI E-L, GROBLER G, KARIMÄKI K, GORBATOVA A, VILPAS R AND LEHTORANTA S (2018) Nitrogen Recovery With Source Separation of Human

Urine—Preliminary Results of Its Fertiliser Potential and Use in Agriculture. *Front. Sustain. Food Syst.* 2:32. doi: 10.3389/fsufs.2018.00032.

VON MÜNCH, E.; WINKER, M. Technology Review - Urine diversion components: Overview of urine diversion components such as waterless urinals, urine diversion toilets, urine storage and reuse systems. 2009.

XIE, M., NGHIEM, L.D., PRICE, W.E. AND ELIMELECH, M. (2014) Toward Resource Recovery from Wastewater: Extraction of Phosphorus from Digested Sludge Using a Hybrid Forward Osmosis Membrane Distillation Process. *Environmental Science and Technology Letters* 1(2), 191-195.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater - Volume I: Policy And Regulatory Aspects. World Health Organization (WHO), Geneva, Switzerland, 2006. Disponível em: [http://whqlibdoc.who.int/publications/2006/9241546824\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2006/9241546824_eng.pdf). Acesso em: 13 de janeiro de 2011.

WOHLSAGER, S.; CLEMENS, J.; NGUYET, P. T.; RECHENBURG, A.; ARNOLD, U. Urine - A Valuable Fertilizer with Low Risk after Storage in the Tropics. *Water Environment Research*, Volume 82, Number 9, September 2010.

WOLGAST, M. Rena vatten. Om tankar i kretslopp (Clean Waters. Thoughts about recirculation). Uppsala, Creamon 1993. 186 p.

XIE, M., SHON, H.K., GRAY, S.R. AND ELIMELECH, M. (2016) Membrane-based processes for wastewater nutrient recovery: Technology, challenges, and future direction. *Water Research* 89, 210-221.

XIAO, R., BAI, J., LU, Q., ZHAO, Q., GAO, Z., WEN, X., & LIU, X. (2015). Fractionation, transfer, and ecological risks of heavy metals in riparian and ditch wetlands across a 100-year chronosequence of reclamation in an estuary of China. *Science of the Total Environment*, 517, 66–75.

ZANCHETA, P. G.. Recuperação e Tratamento da Urina Humana para Uso Agrícola. 2007. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007.

ZHANG, J., SHE, Q., CHANG, V.W.C., TANG, C.Y., WEBSTER, R.D., 2014. Mining nutrients (N, K, P) from urban source-separated urine by forward osmosis dewatering. *Environ. Sci. Technol.* 48, 3386–3394.