



POTENCIAL DE REUSO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO: EVOLUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA POPULAÇÃO BACTERIANA

Suzana Cláudia Silveira Martins¹, Claudia Miranda Martins²

1 Professora Doutora do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará (suzana220@gmail.com) Fortaleza-Ceará

2 Professora Doutora do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará

Recebido em: 12/04/2014 – Aprovado em: 27/05/2014 – Publicado em: 01/07/2014

RESUMO

A reutilização de águas residuárias é uma estratégia para a conservação dos recursos hídricos. A presença de bactérias do grupo coliforme termotolerantes indica contaminação fecal e provável presença de microrganismos intestinais patogênicos, que devem ser eliminados. Assim, esse trabalho teve por objetivo avaliar o potencial de reuso da água residuária da Estação de Tratamento de Esgoto do Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará quanto à evolução e caracterização de indicadores microbiológicos. Durante doze meses, amostras de diferentes pontos da estação de tratamento foram coletadas trimestralmente, e as populações de coliformes totais e termotolerantes e de bactérias facultativas mesófilas foram determinadas. Colônias diferentes foram selecionadas e caracterizadas quanto ao Gram e morfologia. Os resultados revelaram $24,8 \times 10^5$ NMP/100 mL de coliformes totais e $3,6 \times 10^5$ NMP/100 mL de coliformes termotolerantes no esgoto bruto. Após a cloração foram registrados valores <3 NMP/100 mL. A concentração de bactérias anaeróbias facultativas mesófilas do esgoto bruto foi de $2,0 \times 10^6$ UFC/mL. Após as passagens pelos tanques de aeração e sedimentação houve uma redução de aproximadamente dois ciclos logarítmicos. De cada etapa do tratamento foram selecionadas em média 10 colônias diferentes, perfazendo um total de 54 isolados, 59% Gram-negativas e 41% Gram-positivas. Após a cloração a contagem de bactérias foi 12 UFC/mL. Doze colônias culturalmente diferentes foram caracterizadas como bacilos Gram-positivos esporulados. Os resultados para coliformes termotolerantes indicaram que o sistema de tratamento funciona. No entanto, bactérias capazes de esporular podem persistir no ambiente limitando uso desta água sem tratamento adicional.

PALAVRAS-CHAVE: Águas residuárias, bactérias mesófilas, coliformes, reutilização

POTENTIAL OF WATER REUSE OF A SEASON WASTEWATER SEWAGE TREATMENT: EVOLUTION AND CHARACTERIZATION OF BACTERIAL POPULATION

ABSTRACT

Reuse of wastewater is a strategy for the conservation of water resources. The presence of coliform bacteria indicates fecal contamination and likely presence of pathogenic intestinal microorganisms which should be eliminated. Thus, this study aimed to evaluate the potential for reuse of wastewater of Treatment Plant from Pici Campus of Federal University of Ceará regarding the evolution and characterization of microbiological indicators. For twelve months, samples from different points of the wastewater treatment plant (WTP) were quarterly collected and the populations of total and thermotolerant coliforms and mesophilic facultative bacteria were determined. Different colonies were selected and characterized by Gram and morphology. The results showed 24.8×10^5 NMP/100mL of total coliforms and 3.6×10^5 NMP/100 mL of fecal coliform in raw sewage. After chlorination values < 3 NMP/100mL were recorded. The concentration of facultative anaerobic mesophilic bacteria from raw sewage was 2.0×10^6 CFU/mL. After the passages by aeration and sedimentation tanks this count was reduced by approximately two log cycles. From each step were selected on average 10 colonies a total of 54 isolates, 59 % Gram-negative and 41 % Gram-positive. After the chlorination process were detected 12 CFU/mL. Twelve culturally different colonies were characterized as Gram-positive spore forming bacilli. The results for coliforms indicated that the treatment system is efficient. However, bacteria capable of sporulation may persist in the environment by limiting the use of this water without further treatment.

KEYWORDS: mesophilic bacteria, wastewater, reutilization, coliforms

INTRODUÇÃO

A crescente escassez de água no planeta está associada ao aumento da poluição e desperdício na sua utilização, resultante da falta de conscientização da sociedade e de uma política ambiental ainda incipiente. Assim, embora a reutilização de águas residuárias não seja um conceito novo, a demanda crescente por esse bem tem feito do reuso da água um tema atual e de grande importância (OLIVEIRA et al., 2012).

Águas residuárias são provenientes de esgotos domésticos e industriais. Os primeiros, também chamados de sanitários, contêm cerca de 99,9% de água, 0,01% de sólidos orgânicos e inorgânicos e carregam dejetos de origem humana, os quais podem conter microrganismos patogênicos. Assim, o lançamento de esgotos não tratados em corpos aquáticos são vetores de poluição e contaminação e responsáveis pela disseminação de doenças entéricas (AL-JASSER, 2011). Nessa perspectiva, o principal objetivo do tratamento de esgotos é a prevenção da poluição, mas, o reaproveitamento dessas águas também é uma questão de vital importância (CUNHA et al., 2011).

A utilização de esgotos tratados na indústria e na agricultura é uma realidade em muitos países (QADIR et al., 2010, ALFARRA et al., 2011). No Brasil, especificamente na região Nordeste, a utilização de águas residuárias se destaca como uma promissora técnica de convivência com a seca (SOUSA et al., 2006).

Águas residuárias tratadas podem ser usadas para fins agrícolas, florestais, industriais, urbanos e ambientais (BAKOPOULOU et al., 2011, CUNHA et al., 2011,

SANTOS et al., 2011,). No entanto, o uso de esgotos tratados destacou-se na agricultura, haja vista ser este uma fonte natural de fertilizante, que garante uma boa produtividade das culturas irrigadas (PEDRERO & ALARCÓN, 2009, PEDRERO et al., 2010, SOUZA et al., 2010, BAKOPOULOU et al., 2011, XU et al., 2010, KALAVROUZOTIS et al., 2011, BARROSO & WOLFF, 2011, ADROVER et al., 2012, BAGHAPOUR et al., 2013, EL-NAHHAL et al., 2013, FREITAS et al., 2013). As maiores vantagens do aproveitamento da água residuária para fins agrícolas residem na conservação da água disponível e na possibilidade de aporte e reciclagem de nutrientes, reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos e contribuindo para a preservação do meio ambiente (SIMÕES et al., 2013). O principal agravante na utilização de esgoto na agricultura é o aspecto sanitário, uma vez que os mesmos apresentam uma grande variedade de microrganismos patogênicos (PALESE et al., 2009).

Políticas e regulamentos sobre a reutilização da água foram estabelecidos para ajudar a proteger o meio ambiente de potenciais efeitos adversos das descargas de águas residuárias. No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), classifica as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional segundo seus usos preponderantes, em nove classes (BRASIL, 1986). Em todas as classes o parâmetro de controle microbiológico é a concentração de bactérias coliformes termotolerantes.

O tratamento convencional de águas residuárias é uma combinação métodos físicos, químicos e biológicos tendo como etapa final a desinfecção com diferentes agentes químicos. O cloro, em suas várias formas, é a substância mais usada dada a sua eficácia contra microrganismos, o baixo custo e facilidade de utilização (SOUZA et al., 2012). A poluição por bactérias de origem fecal introduz microrganismos patogênicos, transformando a água num veículo de transmissão de doenças infecciosas. Assim, o controle bacteriológico nas estações de tratamento de esgotos é fundamental para reutilização das águas, pois quando os padrões de qualidade bacteriológica não são respeitados, os indivíduos em contato com tais águas correm risco de saúde. A possível presença de organismos patogênicos é determinada através das bactérias coliformes termotolerantes, especialmente a espécie *Escherichia coli*, pois sua presença indica contaminação fecal e provável presença de microrganismos intestinais patogênicos. Os coliformes são usados como indicadores de contaminação fecal, por se apresentar em grande quantidade nas fezes humanas, ter resistência similar à maioria das bactérias patogênicas intestinais, e pela técnica de identificação e contagem ser rápida e econômica (KHAMKURE et al., 2013).

Tendo em vista que a reutilização de águas residuárias é uma forma de amenizar a escassez de água, este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de reuso da água residuária da Estação de Tratamento de Esgotos do Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará quanto à evolução e caracterização de indicadores microbiológicos.

MATERIAL E MÉTODOS

No período 12 meses foram realizadas cinco coletas (novembro de 2011 a novembro 2012) para contagem de células viáveis em placas de bactérias heterotróficas e duas (novembro 2011 e maio 2012) para contagem de coliformes totais e termotolerantes. Foram amostrados os seguintes pontos: esgoto bruto (A), tanque de aeração (B), tanque de sedimentação (C), tanque de pré-cloração (D) e

tanque de cloração (E) da Estação de Tratamento de Esgotos do Campus do Pici (ETE-PICI) da Universidade Federal do Ceará (UFC), em Fortaleza-CE que segundo MOTA et al. (1997) recebe águas residuárias com características de esgoto doméstico. As coletas foram realizadas em triplicatas e sempre entre 12:00 e 14:00 horas (horário de Brasília). Aproximadamente 200 mL de cada amostra foram acondicionadas em frascos previamente esterilizados, mantidos em gelo e transportados para o Laboratório de Microbiologia Ambiental (LAMAB) do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará (UFC), onde procedeu-se as análises. Além disso, foi medido o pH das amostras imediatamente após a coleta em pHmetro Tecnal.

Para contagem de coliformes totais e termotolerantes foi usada a técnica do Número Mais Provável (NMP) ou fermentação em tubos múltiplos (APHA, 2005). O teste presuntivo consistiu na inoculação de volumes fixos das amostras no meio Caldo Lauril Sulfato Triptose em séries de três tubos e incubação por 48 horas a 37 °C. Foram utilizadas as diluições 10^{-3} , 10^{-4} e 10^{-5} para as amostras de esgoto bruto e do tanque de aeração; 10^{-2} , 10^{-3} e 10^{-4} para amostras do tanque de sedimentação e do esgoto tratado não clorado. Para as amostras provenientes do tanque de cloração foi empregado 10mL, 1mL e 0,1mL da amostra pura. Após o período de incubação, a presença de gás no interior do tubo de Durham, caracterizou um resultado positivo. Para o teste confirmativo foi realizada a inoculação em meio Caldo Lactose Bile Verde Brilhante, a partir dos tubos positivos do teste presuntivo. Decorrido o tempo de incubação, 48 horas a 37 °C, os resultados foram positivos para coliformes totais quando foi detectada a presença de gás nos tubos de Durham. Para a determinação de coliformes termotolerantes foi efetuada a transferência a partir dos tubos positivos do teste confirmativo, para o meio de cultura Caldo *Escherichia coli* (EC) e incubação em banho de água regulado termostaticamente a $44,5 \pm 0,1$ °C, por 24 horas. A positividade também foi conferida pela produção de gás. Os resultados finais foram obtidos com a utilização da tabela de Hoskins e expressos em Número Mais Provável (NMP)/100mL.

A população de bactérias mesófilas facultativas foi determinada pela contagem padrão em placas (APHA, 2005). Foram preparadas diluições de 10^{-1} a 10^{-5} . Para as amostras de esgoto bruto e do tanque de aeração foram usadas as diluições 10^{-3} , 10^{-4} e 10^{-5} , para as do tanque de sedimentação e do esgoto tratado não clorado foram utilizadas as diluições 10^{-2} , 10^{-3} e 10^{-4} enquanto que para o esgoto tratado e clorado as diluições usadas foram 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} . Após a distribuição do inóculo, as placas com o meio Plate Count Ágar (PCA) foram incubadas em estufa bacteriológica a 37 °C por 48 horas. Decorrido este período, as diluições que apresentaram entre 30 e 300 colônias foram selecionadas para contagem e o resultado expresso em Unidade Formadora de Colônia por mililitro (UFC)/mL. Todas as contagens foram feitas em triplicatas.

Foram selecionadas placas que apresentaram contagens mais homogêneas e de melhor distribuição, correspondendo às diluições de 10^{-4} das amostras de esgoto bruto e do tanque de aeração, 10^{-3} do tanque de sedimentação e do esgoto tratado não clorado e 10^{-1} do esgoto tratado e clorado. Foram selecionadas em média 10 colônias de cada amostra, com características culturais distintas, perfazendo um total de 54 isolados, que foram sucessivamente transferidas para placas de Ágar Nutritivo (AN) e incubadas por 24 h à temperatura 37 °C. Em seguida, procedeu-se a caracterização cultural e morfológica dos isolados através da coloração de Gram e coloração de esporos.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando a versão GraphPad Prism 5.0 (GraphPad Software *, San Diego, CA), com níveis de confiança de 95%. Os dados das contagens de bactérias heterotróficas, coliformes totais e termotolerantes originais foram transformados em logaritmo decimal. Os resultados foram analisados pelos testes não paramétricos de Mann-Whitney e de Kruskal-Wallis seguido do teste de comparação múltipla de Dunn.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores de pH nos pontos de coleta da ETE - Pici

TABELA 1 Medidas de pH em diferentes pontos da Estação de Tratamento de Águas Residuárias do Pici (ETE-Pici)

Pontos de coleta	pH
Esgoto bruto	7.00
Tanque de aeração	6.75
Tanque de sedimentação	6.00
Tanque de precloração	6.60
Cloração	6.60

O controle do pH é um fator crítico no tratamento de águas residuárias, pois reduz o uso de produtos químicos, aumentando a rentabilidade do processo. No tratamento de esgotos, as bactérias operam de forma mais eficiente em valores de pH entre 6,8-7,2. Quando este valor cai para abaixo de 6,0 ou sobe acima de 8,5, a atividade bacteriana sofre drástica redução. Durante o processo de tratamento de águas residuárias a tendência é ocorrer uma redução no pH, porque o dióxido de carbono que é liberado no processo de decomposição reage com a água produzindo ácido carbônico (HUGHES et al., 2007). Esse fato foi comprovado no presente estudo onde o valor do pH medido no esgoto bruto, sofreu gradual redução, acompanhado de um aumento e posterior estabilização (Tabela 1). Constatou-se que durante todo o processo o pH manteve-se na faixa considerada satisfatória para o metabolismo bacteriano.

Embora os coliformes totais e os termotolerantes sejam considerados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) como indicadores ideais de poluição, por habitarem o trato intestinal de humanos e outros animais de sangue quente (FONTES et al., 2008), as bactérias heterotróficas são importantes como indicadoras do aporte e decomposição de compostos orgânicos (KOLAREVIĆ et al., 2012). A evolução quantitativa da população de bactérias heterotróficas nas diferentes etapas da ETE-PICI está representada na Figura 1.

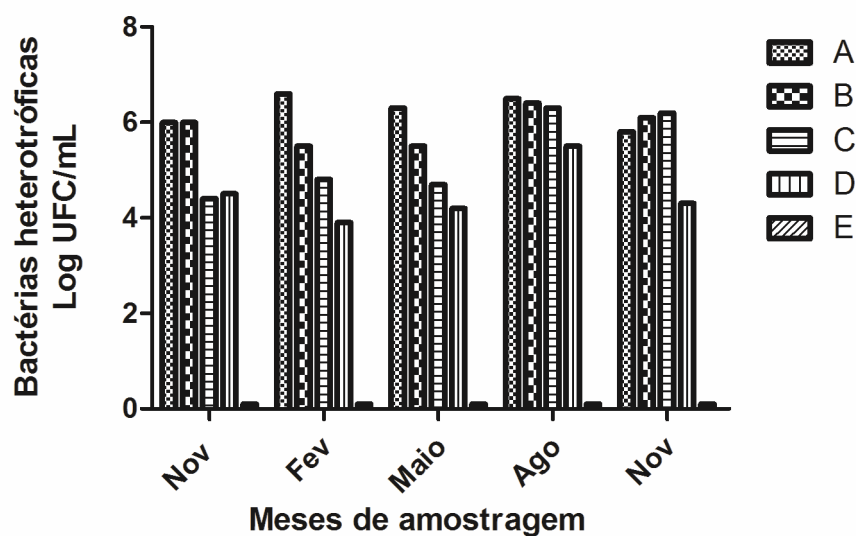


FIGURA 1. Evolução quantitativa da população de bactérias heterotróficas em Log UFC/mL nas diferentes etapas da Estação de Tratamento de Esgoto do Campus do Pici (ETE-PICI) da Universidade Federal do Ceará (UFC). A (esgoto bruto); B (tanque de aeração); C (tanque de sedimentação), D (tanque pré-cloração); E (esgoto tratado)

No presente estudo não foi constatada variação significativa ($p > 0,05$) entre as contagens de bactérias heterotróficas no esgoto bruto durante o período de coleta (Figura 1). Esse resultado indica que o aporte de nutrientes orgânicos não variou no referido período. Tendo em conta que este parâmetro é fortemente dependente das variações pluviométricas, é possível discutir essa invariabilidade como reflexo dos longos períodos de estiagem prevalentes na região Nordeste, mais especificamente no Estado do Ceará, onde o trabalho foi realizado. A variação pluviométrica nos meses considerados, segundo a Estação Meteorológica da UFC, Campus do Pici, foi de ausência de registro de chuva em novembro de 2010 a 456,4 mm em fevereiro de 2011 (FUNCEME, 2014).

A Figura 1 também mostra, de modo geral, uma redução gradual, na contagem total de bactérias heterotróficas ao longo dos pontos analisados na ETE da UFC, para todos os períodos estudados. Os resultados do teste Kruskal-Wallis não acusaram diferenças significativas ($p = 0.7295$, $K-W = 2.04$) entre as médias nos pontos analisados a cada três meses.

Na Figura 2 pode-se observar a redução gradual da população de bactérias heterotróficas onde o valor médio da contagem de bactérias mesófilas do esgoto bruto da ETE-PICI foi cerca de $2,00 \times 10^6$ UFC/mL. Após as passagens pelos tanques de aeração e sedimentação essa população foi reduzida para $1,1 \times 10^6$ e $7,3 \times 10^5$ UFC/mL, atingindo valores de $7,0 \times 10^4$ UFC/mL e 12 UFC/mL, antes e depois da desinfecção com cloro, respectivamente.

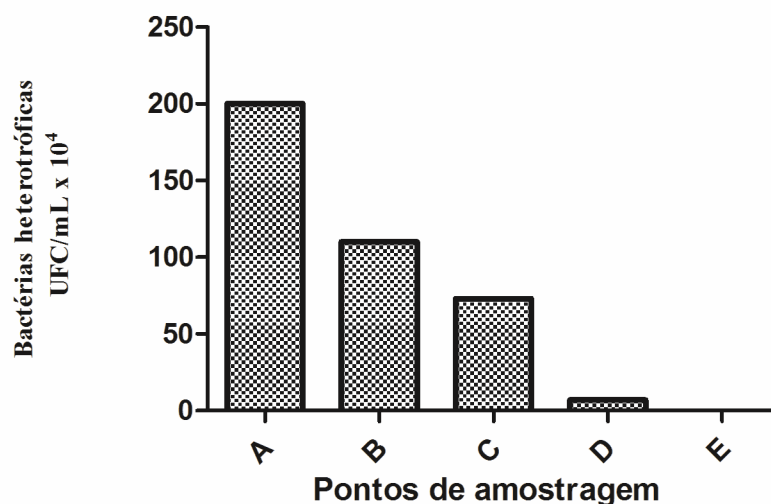


FIGURA 2. Evolução quantitativa dos valores médios em UFC/mL da população de bactérias heterotróficas nas diferentes etapas da Estação de Tratamento de Esgotos do Campus do Pici (ETE-PICI) da Universidade Federal do Ceará (UFC). A (esgoto bruto); B (tanque de aeração); C (tanque de sedimentação), D (tanque pré-cloração); E (esgoto tratado)

HOWARD et al. (2004) reportaram valores semelhantes ao deste estudo para a concentração de bactérias heterotróficas a partir de 59 amostras coletadas do esgoto bruto, do tanque de decantação e do esgoto tratado da ETE municipal em Granada na Espanha. JALAL et al. (2006) também registraram resultados similares em estações de tratamento de esgoto da Malásia.

Bactérias quimiorganotróficas se constituem um dos maiores grupos de microrganismos que participam dos processos circulação da matéria e de energia em ecossistemas aquáticos; elas contribuem para a biodegradação e transformação da matéria orgânica, e, assim, participam de forma ativa no processo de autopurificação da água (KOLAREVIĆ et al., 2012). Nesse sentido, o declínio da população total de bactérias heterotróficas no esgoto final da ETE-Pici, antes da cloração está relacionado com a redução da disponibilidade de substrato, que usualmente é o carbono orgânico. Com base nesta relação é possível sugerir que as bactérias, por serem os microrganismos mais importantes na estabilização da matéria orgânica cumpriram seu papel na depuração do esgoto (MONTIEL et al., 2001).

As colônias isoladas de cada etapa do tratamento foram caracterizadas como brilhantes, cremosas, brancas ou com produção de pigmentos amarelos e morfologia colonial variável. Ressalte-se que do tanque de cloração foram selecionados 12 isolados com morfologias coloniais distintas, grandes ($\geq 3\text{mm}$), creme ou brancas, bordos irregulares, algumas mucoides fortemente sugestivas da produção de exopolissacarídeos. Foi caracterizado um total de 54 isolados bacterianos, sendo 41% Gram-positivos (bacilos e cocos) e 59% Gram-negativos (bacilos) (Tabela 2). Todos os isolados selecionados foram identificados como bacilos Gram-positivos, esporulados e classificados segundo HOLT et al. (1994) como do gênero *Bacillus*, que se caracteriza por elevada resistência ao estresse ambiental.

A Tabela 2 apresenta o percentual de bactérias Gram-positivas e Gram-negativas isoladas dos diferentes pontos de coleta da ETE-Pici.

TABELA 2 Percentual de bactérias Gram-positivas e Gram-negativas isoladas da ETE do Campus do Pici (UFC)

Pontos de coleta	Isolados	Gram-positivas	Gram-negativas
Esgoto bruto	12	4	8
Tanque de aeração	11	3	8
Tanque de sedimentação	09	0	9
Tanque de pre-cloração	10	3	7
Tanque de cloração	12	12	0
Total/percentagem	54	22/41%	32/59%

A predominância de bactérias Gram-negativas em estação de tratamento de águas residuárias também foi detectada por RESENDE et al. (2009) e SOUZA et al. (2012). Por outro lado, JALAL et al. (2006) reportaram um percentual discretamente maior de bactérias Gram-positivas em relação às Gram-negativas. Entretanto, assim como a quantidade, a diversidade da microbiota pode variar com as condições de funcionamento da estação, com o clima, estações do ano, hábitos sanitários da população e incidência de doenças (WANG et al., 2012). No presente estudo, o predomínio das bactérias Gram-negativas em relação às Gram-positivas sugere que a composição química do esgoto bruto foi mais favorável para o crescimento desse grupo bacteriano. Essa predominância persistiu até a etapa de pré-cloração, sugerindo também a maior resistência das bactérias Gram-negativas as condições ambientais prevalentes na ETE-Pici, em comparação com as Gram-positivas.

Com exceção das amostras referentes ao esgoto tratado, onde o número de coliformes totais e termotolerantes foi inferior a $1,0 \text{ NMP } 100 \text{ mL}^{-1}$, a concentração dos dois grupos nas diferentes etapas, manteve-se em torno 10^5 - $10^6 \text{ NMP } 100 \text{ mL}^{-1}$ nos meses de novembro de 2010 e maio de 2011 (Figura 3), indicando que o grupo de coliformes termotolerantes é predominante na ETE-Pici.

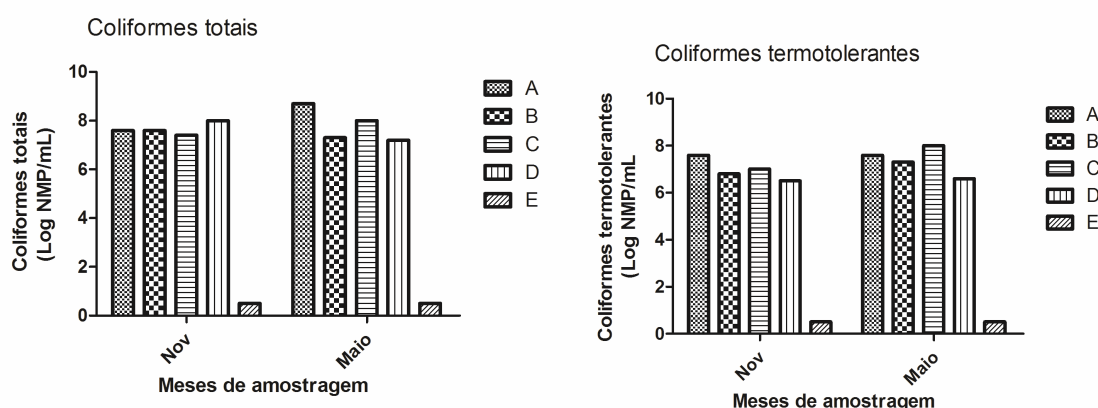


FIGURA 3. Evolução quantitativa da população de coliformes totais e coliformes termotolerantes em Log NMP/mL nas diferentes etapas da Estação de Tratamento de Esgoto do Campus do Pici (ETE-PICI) da Universidade Federal do Ceará (UFC). A (esgoto bruto); B (tanque de aeração); C (tanque de sedimentação), D (tanque pré-cloração); E (esgoto tratado)

Assim como para as bactérias heterotróficas, os resultados do teste Mann Whitney não acusaram diferenças significativas entre as médias dos coliformes totais e termotolerantes nos meses analisados. Em geral, a concentração de ambos grupos de coliformes, foi dez vezes menor no tanque de sedimentação que no esgoto bruto e, após a cloração, os mesmos não foram mais detectados, garantindo que sob o aspecto de saúde pública essa água poderia ser reutilizada. Esses resultados diferem dos encontrados por EL AYNI et al. (2012) que ao avaliarem a contagem de coliformes totais e termotolerantes em águas residuárias tratadas na Tunísia concluíram que a mesma representava elevado risco de saúde para os seus usuários, mesmo com a finalidade de irrigação.

A concentração bacteriana pode ser reduzida por meio de procedimentos de desinfecção. Vários métodos são usados para inativar os microrganismos em água e os desinfetantes mais utilizados são cloro, dióxido de cloro, ozônio e cloraminas (ANTUNES et al., 2007). Na ETE-Pici, a cloração é a etapa final do tratamento, antes a água ser liberada em corpos hídricos receptores.

O mecanismo de desinfecção do cloro é atribuído à formação do ácido hipocloroso, que atravessa a membrana celular e reage com o conteúdo plasmático. O ácido hipocloroso se caracteriza ainda, por sua elevada capacidade oxidante (SOUZA et al., 2012). Os resultados do presente estudo confirmaram a eficiência do cloro, por meio da redução da população de bactérias heterotróficas de $7,0 \times 10^4$ UFC/mL, no tanque de sedimentação, para 12 UFC/mL. A caracterização macroscópica, microscópica, morfológica e bioquímica de isolados dessa etapa mostrou tratar-se de bactérias do gênero *Bacillus* com capacidade de esporular. Esse resultado está de acordo com MIR et al. (1997), para esses autores, embora o cloro seja utilizado para destruir ou inativar microrganismos patogênicos de origem fecal, a sua utilização não garante a completa destruição de todos os organismos vivos. Embora muitas espécies do gênero *Bacillus* sejam utilizadas em indústrias, agricultura e saúde, é importante destacar que algumas espécies, tais como o *Bacillus anthracis* e o *Bacillus cereus* se constituem uma ameaça à saúde pública se liberadas diretamente no ambiente (JANSE et al., 2010, BANERJEE et al., 2011). O *Bacillus anthracis* é o agente causador do carbúnculo, zoonose infecto contagiosa que afeta principalmente bovinos. No homem provoca infecção cutânea. O *Bacillus cereus* é um patógeno responsável produtor de toxinas responsáveis por severas gastroenterites no homem (AUGER et al., 2009).

Segundo BERTONCINI (2008) no Brasil e em muitos outros países, a legislação sobre reuso de águas é inexistente, muito branda ou muito restritiva. Em 2005, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) lançou a Resolução N° 54, que incentiva a prática do reuso em diversas modalidades, mas não estabelece parâmetros específicos para seu emprego.

Em 2006, a CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) do Estado de São Paulo lançou a Instrução Técnica n° 31, que estabelece critérios mínimos para disciplinar o reuso de água proveniente de Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário na agricultura. Entre os parâmetros microbiológicos, os valores permitidos de coliformes termotolerantes estão 10^3 a 10^6 por 100 mililitros de efluente. Assim, o efluente tratado da ETE-Pici, poderia ser usado para atividades agrícolas no que tange ao aspecto microbiológico.

CONCLUSÕES

A não detecção de coliformes termotolerantes no efluente final da ETE-Pici indica que, sob o aspecto microbiológico, a água tratada pode ser reusada. No entanto, considerando que algumas espécies do gênero *Bacillus* são patogênicas torna-se necessário a identificação das linhagens isoladas, pois as mesmas podem persistir no ambiente limitando uso desta água sem tratamento adicional para eliminar esses endósporos. Esse trabalho reforça a importância de discussões e estudos para o estabelecimento de parâmetros específicos que disciplinem o reuso de águas residuárias.

REFERÊNCIAS

ADROVER, M.; FARRÚS, E.; MOYÀ, G.; VADELL, J. Chemical properties and biological activity in soils of mallorca following twenty years of treated wastewater irrigation. **Journal of Environmental Management**, v. 95, p. 188-192, 2012.

ALFARRA, A.; KEMP-BENEDICT, E.; HÖTZL, H.; SADER, N.; SONNEVELD, B. A Framework for wastewater reuse in Jordan: utilizing a modified wastewater reuse index. **Water Resour Manage**, v. 25, p. 1153-1167, 2011.

AL-JASSER, A. O. Saudi wastewater reuse standards for agricultural irrigation: Riyadh treatment plants effluent compliance. **Journal of King Saud University-Engineering Sciences**, v. 23, p. 1-8, 2011.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, APHA. 21th, Washington. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington, 2005.

ANTUNES, S.; DIONÍSIO, L.; SILVA, M.C.; VALENTE, M.S.; BORREGO, J.J. Coliforms as indicators of efficiency of wastewater treatment plants. **International Conference on Energy, Environment, Ecosystems and Sustainable Development**, p. 24-26, 2007.

AUGER, S.; RAMARAO, N.; FAILLE, C.; FOUET, A.; AYMERICH, S.; GOHAR, M. Biofilm formation and cell surface properties among pathogenic and nonpathogenic strains of the *Bacillus cereus* group. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 75, p. 6616-6618, 2009.

BAGHAPOUR, M.A.; NASSERI, S.; DJAHED, B. Evaluation of Shiraz wastewater treatment plant effluent quality for agricultural irrigation by Canadian Water Quality Index (CWQI). **Iranian Journal of Environmental Health Sciences & Engineering**, v. 10, p. 1-9, 2013.

BAKOPOULOU, S.; EMMANOUIL, C.; KUNGOLOS, A. Assessment of wastewater effluent quality in Thessaly region, Greece, for determining its irrigation reuse potential. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 74, p. 188-194, 2011.

BANERJEE, M.; NAIR, G. B.; RAMAMURTHY, T. Phenotypic & genetic characterization of *Bacillus cereus* isolated from the acute diarrhoeal patients. **Indian Journal of Medical Research**, v. 133, p. 88-95, 2011.

BARROSO; L.B.; WOLFF, D.B. Reúso de esgoto sanitário na irrigação de culturas agrícolas. **Engenharia Ambiental**, v. 8, n.3, p. 225-236, 2011.

BERTONCINI, E. I. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, v. 1, p. 152-169, 2008.

BRASIL. Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 20, de 18.06.86. Estabelece classificação das águas doces, salobras e salinas do território nacional. <http://www.mma.gov.br/port/conama>

BRASIL. Resolução Conselho Nacional de Recursos Hídricos nº 54, de 28 de novembro de 2005 - Estabelece critérios gerais para reuso de água potável. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília – DF, novembro de 2005.

CETESB COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Instrução Técnica nº 31. **Aplicação de água de reuso proveniente de estação de tratamento de esgoto doméstico na agricultura**. São Paulo, 2006.

CUNHA, A.H.N.; OLIVEIRA, T.H.O.; FERREIRA, R.B.; MILHARDES, A.L.M.; SILVA, S.M.C. O Reúso de água no Brasil: a importância da reutilização de água no país. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n.13, p. 1225-1248, 2011.

EL AYNI, F.; CHERIF, S.; MANOLI, E.; ASSIMACOPOULOS, D.; JRAD, A.; TRABELSI-AYADI, M. Impact of agriculture on a tunisian coastal aquifer and possible approaches for a better water management. **Sixteenth International Water Technology Conference**, IWTC, p. 1-14, 2012.

EL-NAHHAL, Y.; TUBAIL, K.; SAFI, M.; SAFI, J.T. Effect of treated waste water irrigation on plant growth and soil properties in Gaza Strip, Palestine. **American Journal of Plant Sciences**, v. 4, p. 1736-1743, 2013.

FONTES, I.B.M.; ARAÚJO, Q.R. Eficiência na remoção de coliformes na estação de tratamento de esgoto de Ilhéus (Bahia). **Geografia**, v. 17, n.1, p. 127-136, 2008.

FREITAS, C.A.S.; SILVA, A.R.A.; BEZERRA, F.M.L.; MOTA, S.; GONCALVES, L.R.B.; BARROS, E.M. Efluente de esgoto doméstico tratado e reutilizado como fonte hídrica alternativa para a produção de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 727-734, 2013.

FUNCEME- Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.funceme.br/index.php/areas/tempo/grafico-de-chuvas-dos-postos-pluviometricos>>. Acesso em 20 de maio de 2014.

HOLT, J.G.; KRIEG, N.R.; SNEATH, P.H.A., STALEY, J.T.; WILLIAMS, S.T. **Bergey's Manual of Determinative Bacteriology**. 9 ed. Williams & Wilkins, 1994.

HOWARD, I.; ESPIGARES, E.; LARDELLI, P.; MARTÍN, J.L.; ESPIGARES, M. Evaluation of microbiological and physicochemical indicators for wastewater treatment. **Wiley Periodicals, Inc**, v. 1, p. 241-249, 2004.

HUGHES, R.J.; NAIR, J.; MATHEW, K.; HO, G. Toxicity of domestic wastewater pH to key species within an innovative decentralised vermifiltration system. **Water Science & Technology**, v. 55, n.7, p. 211-218, 2007.

JALAL, K.C.A.; ALAM, Z.; MUYIBI, S.A.; JAMAL, P. Isolation and purification of bacterial strains from treatment plants for effective and efficient bioconversion of domestic wastewater sludge. **American Journal of Environmental Sciences**, v. 2 n.1, p. 1-5, 2006.

JANSE, I.; HAMIDJAJA, R.A.; BOK, J.M.; Van ROTTERDAM, B.J. Reliable detection of *Bacillus anthracis*, *Francisella tularensis* and *Yersinia pestis* by using multiplex qPCR including internal controls for nucleic acid extraction and amplification. **BMC Microbiology**, v. 10, p. 1-12, 2010.

KALAVROUZOTIS, I. K.; ARAMBATZIS, C.; KALFOUNTZOS, D.; VARNAVAS, S.P. Wastewater reuse planning in agriculture: the case of Aitoloakarnania, Western Greece. **Water**, v. 3, p. 988-1004, 2011.

KHAMKURE, S.; CERVANTES, E. P.; ZERMEÑO GONZÁLEZ, A.; CERVANTES, R. L.; MELO, P.G.; RAMÍREZ, H. Number of residual thermotolerant coliforms on plants and in soil when using reclaimed domestic wastewater for irrigation. **Water Science and Technology**, v. 67, n.2, p. 380-386, 2013.

KOLAREVIĆ, S.; KNEŽEVIĆ-VUKČEVIĆ, J.; PAUNOVIĆ, N.; VASILJEVIĆ, B.; KRAČUN, M.; GAČIĆ, Z.; VUKOVIĆ-GAČIĆ, B. Seasonal variations of microbiological parameters of water quality of the Velika Morava river Serbia. **Archives of Biological Sciences**, v. 64, n.3, p. 1017-1027, 2012.

MIR, J.; MORATO, J.; RIBAS, F. Resistance to chlorine of freshwater bacterial strains. **Journal of Applied Microbiology**, v. 82, n.1, p. 7-18, 1997.

MONTIEL, M.L.T.; TYAGI, R.D.; VALERO, J.R. Wastewater treatment sludge as a raw material for the production of *Bacillus thuringiensis* based biopesticides. **Water Research**, v.35, n.16, p. 3807-3716, 2001.

MOTA, S.; BEZERRA, F.C.; TOMÉ, L.M. Avaliação do desempenho de culturas irrigadas com esgoto tratado. **Anais 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, ABES, p. 20-26. 1997.

OLIVEIRA, J. F.; ALVES, S.M.C.; FERREIRA NETO, M.; OLIVEIRA, R.B. Efeito da água residuária de esgoto doméstico tratado na produção de mudas de pimenta cambuci e quiabo. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n.14, p. 443-452, 2012.

PALESE, A.; PASQUALE, V.; CELANO, G.; FIGLIUOLO, G.; MAISI, S.; XILOYANNIS, C. Irrigation of olive groves in Southern Italy with treated municipal

wastewater: Effects on microbiological quality of soil and fruits. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 129, p. 43-51, 2009.

PEDRERO, F.; ALARCÓN, J.J. Effects of treated wastewater irrigation on lemon trees. **Desalination**, v. 246, p. 631-639, 2009.

PEDRERO, F.; KALAVROUZOTIS, 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**, v. 97, p. 1233-1241, 2010.

QADIR, M.; BAHRI, A.; SATO, T.; AL-KARADSHEH, E. Wastewater production, treatment, and irrigation in Middle East and North Africa. **Irrigation and Drainage Systems**, v. 24, p. 37-51, 2010.

RESENDE, A.C.B.; SOARES, R.B.A.; SANTOS, D.B.; MONTALVÃO, E.R.; CARMO FILHO, J.R. Detection of antimicrobial-resistant gram-negative bacteria in hospital effluents and in the sewage treatment station of Goiânia, Brazil. **O Mundo da Saúde**, v. 33, n.4, p. 385-391, 2009.

SANTOS, E.S.; MOTA, S.; SANTOS, A.B.; MONTEIRO, C.B.; FONTENELE, R. M. M. Avaliação da sustentabilidade ambiental do uso de esgoto doméstico tratado na piscicultura. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, p. 45-54, 2011.

SIMÕES, K.S.; PEIXOTO, M.F.S.P.; ALMEIDA, A.T.; LEDO, C.A.S.; PEIXOTO, C.P.; PEREIRA, F.A.C. Água residuária de esgoto doméstico tratado na atividade microbiana do solo e crescimento da mamoneira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n.5, p. 518-523, 2013.

SOUSA; J.T.; HENRIQUE; I.N.; LEITE; V.D.; LOPES, W.S. Tratamento de águas residuárias: uma proposta para a sustentabilidade ambiental. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 1, p. 90-97, 2006.

SOUZA, N.C.; MOTA, S.; BEZERRA, F.M.L.; AQUINO, B.F.; SANTOS, A.B. Produtividade da mamona irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n.5, p.478-484, 2010.

SOUZA, J.B.; VIDAL, C.M.S.; CAVALLINI, G.S.; QUARTAROLI, L.; MARCON, L.R.S. Avaliação do emprego da radiação ultravioleta na desinfecção de esgoto sanitário. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 33, n.2, p. 117-126, 2012.

WANG, X., HU, M.; XIA, X.; WEN, X.; DING, K. Pyrosequencing analysis of bacterial diversity in 14 wastewater treatment systems in China. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 78, n.19, p. 7042-7047, 2012.

XU, J.; WU, L.; CHANG, A.C.; ZHANG, Y. Impact of long-term reclaimed wastewater irrigation on agricultural soils: A preliminary assessment. **Journal of Hazardous Materials**, v. 183, p. 780-786, 2010.