

# Associação estatística entre parâmetros de controle de qualidade de água de reuso – uma meta análise de Turbidez e E. Coli

**Graciele Zavarize Belisário**

Universidade Federal do Espírito Santo – Brasil  
belisario.graciele@gmail.com

**Ricardo Franci Gonçalves**

Universidade Federal do Espírito Santo – Brasil  
rfg822@gmail.com

**Nátaly Jiménez Monroy**

Universidade Federal do Espírito Santo – Brasil  
nataly.monroy@ufes.br

**Laila de Oliveira Vaz Oliveira**

Universidade Federal do Espírito Santo – Brasil  
Laila.vaz@gmail.com

## ABSTRACT

*In order to understand the relationship between turbidity and presence of indicator microorganisms in wastewater, a systematic review of wastewater quality data is proposed in this study, evaluating the statistical correlation between these parameters. The data structure comprising studies of the last 20 years that presented Escherichia coli (E. coli) concentrations and turbidity values, simultaneously with a total of 85 studies that together collected 121 characterization data of turbidity and E. coli in ACB (raw grey water), ACT (treated grey water), EB (raw sewage) and ET (treated sewage). To understand the association between turbidity and E. coli data in wastewater sources, the Spearman correlation test was used. In addition, the study presents the results of the Mann-Whitney test. Both statistical tests considered the significance of 0.05. The correlation test presented significantly moderate results for the correlation of turbidity and E. coli when all types of effluents were evaluated. The tests performed in each type separately had a weak or very weak relationship, except for the EB that presented moderate relation, but in all cases this relation was not statistically significant. The results of the Mann-Whitney test for both ACB and EB samples, when compared, and for EB and ET, there is no significant difference between the median values of this parameter. The other comparisons made had significant results indicating that E. coli values differ considerably between grey water in its crude and treated state and, naturally, when compared to the concentrations in raw sewage.*

**Keywords:** E. coli; Turbidity; Wastewater; Correlation; reuse.

## 1. INTRODUÇÃO

As preocupações com a qualidade da água de reuso são assíduas e muitas vezes decisivas na implantação de sistemas de aproveitamento de águas residuais. As bactérias são microrganismos muito comuns neste tipo de água e representam o maior desafio (AL-GHEETHI et al., 2016), sendo o grupo dos coliformes geralmente associado à contaminação fecal (IGNOTO, 2010). Por esse motivo, as agências de proteção ambiental recomendam o monitoramento de coliformes, sobretudo da Escherichia coli (*E. coli*), em sistemas de reuso de água para identificar a contaminação fecal nestas águas (BIRKS e HILLS, 2007).

Em águas residuais brutas, a população de patógenos apresenta amplas variações e composições sazonais e espaciais (PARANYCHIANAKIS et al., 2015). Segundo Cohin et al. (2007), embora um dos tipos de águas residuais mais ‘limpos’ seja a água cinza, ainda nesta a concentração de coliformes termotolerantes é significativamente alta. Entretanto, o monitoramento direto de patógenos microbianos

para determinar a carga do patógeno e a eficácia do tratamento de sistemas individuais de água cinza no local é impraticável devido ao alto custo dos testes e à ampla gama de patógenos potencialmente presentes (LEONARD et al., 2016). Assim, as regulações de reutilização de água definem o monitoramento de parâmetros que direta ou indiretamente são relacionados à ocorrência de patógenos em águas residuais (PARANYCHIANAKIS et al., 2015).

Muitas pesquisas são desenvolvidas a fim de identificar a relação entre parâmetros de qualidade de água, sobretudo correlacionando com a presença de patógenos. No estudo de King (2016) o autor avaliou a correlação estatística entre a variação de alguns parâmetros físicos e a presença de *E. coli* e a turbidez teve a correlação mais significativa para as concentrações desse microrganismo. Lawrence (2012) avaliou a mesma correlação em águas de rios e concluiu que a turbidez também foi o parâmetro estatisticamente mais significativo da densidade de *E. coli*. De forma análoga, muitos autores afirmam que existe uma forte relação entre as medidas de turbidez e as densidades de bactérias indicadoras (LAWRENCE, 2012; NGUYEN, WARD E LEWIS, 2014; HUYER e MEYER, 2010). Estes resultados indicam uma relação significativa entre a turbidez e as concentrações de bactérias, apoiando o uso da turbidez como uma variável nos modelos de regressão para as concentrações de *E. coli* em águas do mar (KING, 2016). Além disso, no contexto da desinfecção, a turbidez pode ser considerada um indicador geral da qualidade da água que pode influenciar a eficácia da tecnologia de desinfecção (ARDEN e MA, 2018).

Por conta das associações de altas turbidez com a presença de microrganismos, existe uma tendência de que as novas regulações de reuso da água estabeleçam limites de turbidez baixos que só podem ser alcançados através de tratamentos mais específicos e onerosos, o que naturalmente restringe o reuso de água em locais mais precários. A questão a ser avaliada então é: existe de fato uma correlação significativa entre a turbidez e microrganismos indicadores em águas residuais?

Assim, apesar de alguns estudos encontrarem uma associação entre aspectos físicos de qualidade da água com microrganismos indicadores, sobretudo apresentando a turbidez como um dos principais parâmetros correlacionados, ainda não há estudos que direcionam essa pesquisa para águas residuais. Dessa forma, esta pesquisa objetiva avaliar a associação estatística entre as variações de turbidez em amostras de águas residuais com a presença de *E. coli* nestas amostras através de uma meta análise, estruturada dos últimos 20 anos. A busca compreendeu estudos que avaliaram as características de águas residuais brutas e tratadas de diferentes fontes em torno do mundo e que incluíam entre os parâmetros a turbidez e *E. coli*.

## 2. METODOLOGIA

Foram realizadas buscas sistemáticas de artigos, dissertações e teses em base de dados indexadas com o objetivo de selecionar estudos que apresentem a caracterização físico-química e microbiológica de águas residuais, entre elas: esgoto sanitário (bruto e/ou tratado) e águas cinzas (brutas e/ou tratadas). O período de busca compreendeu os últimos 20 anos e a seleção dos estudos foi feita considerando aqueles que apresentaram, simultaneamente, resultados das análises de Turbidez e indicadores de contaminação fecal (neste caso foi avaliada a *E. coli*) nas águas residuais.

Estatisticamente, para entender a correlação entre dados de turbidez e *E. coli* em fontes de águas residuais, foi utilizado o teste de correlação de Spearman. Além disso, o estudo avaliou se existe alguma semelhança nos valores de turbidez entre as diferentes águas residuais, e da mesma forma, entre os dados

de *E. coli*. Para esta avaliação, foi aplicado o teste de hipóteses pela metodologia do teste U de Mann-Whitney. As análises foram feitas utilizando o software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 18.0, o software livre R versão 3.5.1. e OFFICE 2010.

### 2.1. Testes de correlação de Spearman

Os testes de correlação utilizaram a estatística de postos através do coeficiente de correlação de Spearman, que se trata de uma medida não-paramétrica. Este estudo considerou a interpretação dos resultados do coeficiente de Spearman segundo o proposto por Salkind (2003): 0,8 a 1 (positivo ou negativo): relação muito forte; 0,6 a 0,8: relação forte; 0,4 a 0,6: relação moderada; 0,2 a 0,4: relação fraca e 0,0 a 0,2: relação muito fraca ou nenhuma relação. Dessa forma, o Teste de Spearman foi aplicado avaliando-se a correlação entre a turbidez e a presença de *E. coli* e/ou em águas cinzas brutas (ACB), águas cinzas tratadas (ACT), esgoto bruto (EB) e esgoto tratado (ET), individualmente, e, por fim, estudou-se a correlação de todas as variáveis em conjunto. Para verificar a significância dos resultados, foi utilizado o p-valor considerando um nível de significância (probabilidade de observar uma forte correlação por acaso) de 0,05 para todos os casos.

### 2.2. Teste U de Mann-Whitney

O valor de  $U$  (a estatística utilizada nesta prova) é dado pelo número de vezes que uma contagem no grupo com  $n_2$  casos precede uma contagem no grupo com  $n_1$  casos na classificação ascendente. Para valores razoavelmente grandes de  $n_1$  e  $n_2$  o valor de  $U$  é dado pela **Equação 2**:

$$U = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2+1)}{2} - R_2 \quad (2)$$

Em que  $R_2$  = soma dos postos atribuídos ao grupo cujo tamanho de amostra é  $n_2$ . Neste estudo, as hipóteses a serem consideradas foram:  $H_0$  = não há diferença de valores de medianas da turbidez (ou *E. coli*) entre os tipos de águas residuais e  $H_1$  = há diferença de valores de medianas da turbidez (ou *E. coli*) entre os tipos de águas residuais. O teste foi feito tanto para o parâmetro Turbidez quanto para *E. coli*, com um nível de significância de 5%.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A pesquisa por estudos retornou 85 dados com análise de turbidez e *E. coli* simultaneamente, em um total de 34 estudos analisados. A maioria dos dados (65% - 22 estudos) foi encontrada em revistas, no formato de artigos científicos. Das fontes de águas residuais, aquela com maior disponibilidade de dados foi a ACB, seguida por ACT. Este resultado pode ser explicado visto que a água cinza é mais comumente associada à reuso de água e águas residuais do que o esgoto, devido ao tratamento deste tipo de efluente ser mais fácil se comparado à outras fontes mais poluídas (KNUPP, 2013). Em terceiro lugar encontramos o ET com maior disponibilidade de dados, fator natural frente ao EB já que para o reuso de água recomenda-se que o efluente passe por algum tipo de tratamento.

### 3.1. Análises Estatísticas

O resumo dos valores de turbidez e concentração de *E. coli* apresentados na **Tabela 1** indicam que há diferenças evidentes na turbidez para os diferentes tipos de água, sendo que os menores valores são observados, como esperado, nas águas tratadas. Importante ressaltar que os níveis de turbidez são sempre superiores no ET, quando comparados com ACT. Quanto às ACB, o esgoto parece apresentar valores inferiores se comparados às essas águas residuais, haja vista que observa-se que a turbidez mediana ( $Md= 73$ ) da ACB apresenta valor levemente inferior à turbidez do esgoto.

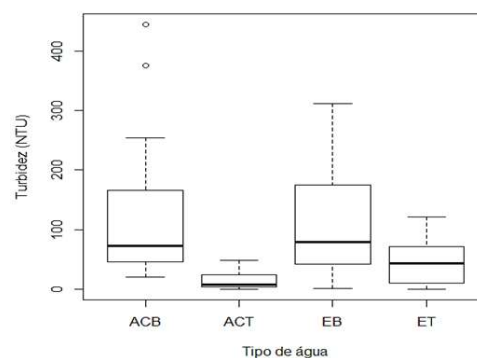
**Tabela 1. Medidas descritivas dos parâmetros de turbidez e concentração de E.coli por tipo de água.**

Parâmetro	Medida Descritiva	Tipo de água residual			
		ACB	ACT	EB	ET
Turbidez (NTU)	Mínimo	20,6	0,500	1,00	0,600
	Média	121,2	15,837	109,96	45,337
	Mediana	73,0	8,200	79,80	43,000
	Máximo	444,0	49,000	312,00	121,000
E.coli (NMP/100m)	Mínimo	0	0	4	0
	Média	2,79E+05	1,47E+04	9,32E+06	1,10E+06
	Mediana	1,17E+03	4,70E+00	3,45E+06	6,08E+04
	Máximo	5,40E+06	3,78E+05	4,10E+07	6,70E+06

Fonte: autores.

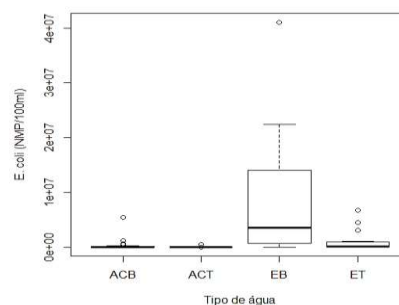
Como observado no diagrama de caixas da **Figura 3**, a turbidez da ACB tem dois valores extremos, o que contribui para aumentar o valor médio desse parâmetro. Adicionalmente, observa-se alta variabilidade na turbidez para as águas brutas. A medição da ACT evidencia bastante precisão, uma vez que sua caixa é bastante pequena quando comparada às dos outros tipos de água.

**Figura 3.** Diagrama de caixa das concentrações de Turbidez (NTU) por tipo de água.



Considerando o indicador de contaminação em águas, observa-se que o tratamento das águas reduz significativamente as concentrações de E.coli, tendo um resultado mais efetivo na água cinza (redução aproximada de 93% na concentração). A ACT tem concentrações significativamente menores ( $Md=4,7$ ) que o ET ( $Md=6,0 \times 10^4$ ). Ainda, a ACB tem concentrações muito inferiores às do ET, estas constatações podem ser confirmadas observando a **Figura 4**, onde fica evidente que a concentração de E.coli apresenta bastante variabilidade no EB e seu valor mediano é superior ao dos outros tipos de água. Observa-se também que há um valor discrepante nas concentrações para o EB, o que também contribui para o aumento da variabilidade nesse parâmetro.

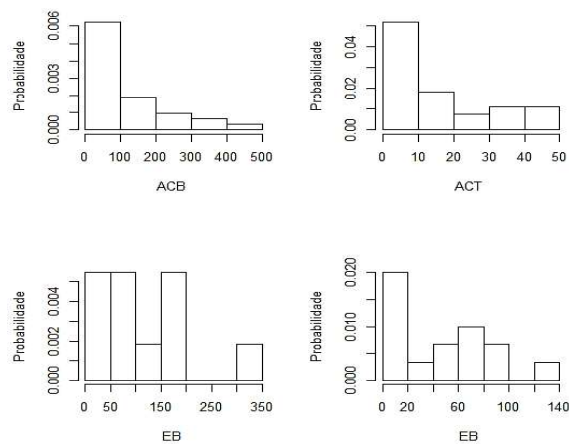
**Figura 4.** Diagrama de caixa das concentrações de E.coli (NMP/100m) por tipo de água.



Fonte: autores.

Os diagramas das **Figuras 3 e 4**, assim como a comparação das médias e medianas na **Tabela 1**, indicam que não há simetria nas distribuições dos níveis de turbidez, nem nas concentrações de E.coli. Esta constatação também pode ser feita observando as distribuições de frequências nas **Figura 5 e 6**. Os níveis de turbidez têm maior concentração para os valores inferiores em todos os tipos de águas, particularmente ACT apresenta o menor intervalo de valores.

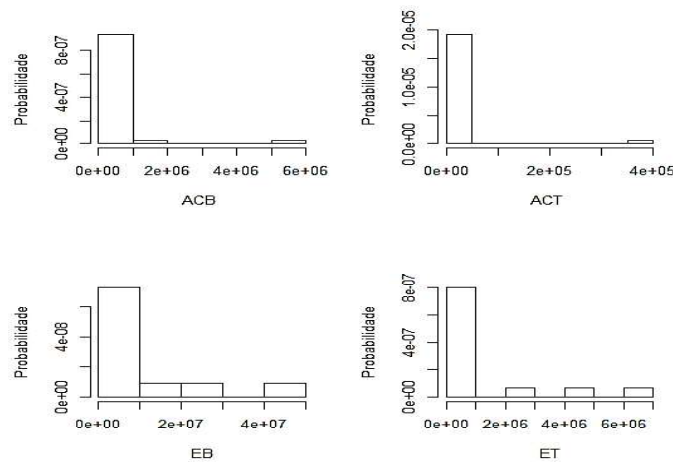
**Figura 5.** Distribuição de frequências dos níveis de turbidez (NTU) por tipo de água.



Fonte: autores.

Quanto aos microrganismos, observa-se forte assimetria com acumulação nas menores concentrações, particularmente nas águas cinzas há valores extremos que aumentam consideravelmente o intervalo de valores.

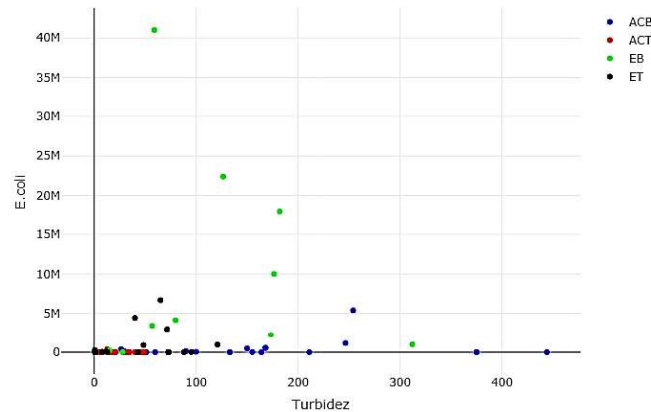
**Figura 6.** Distribuição de frequências das concentrações de E.coli (NMP/100m) por tipo de água.



Fonte: autores.

Tendo em vista que o objetivo é compreender a relação entre turbidez e presença de microrganismos indicadores em águas residuais, particularmente E.coli, analisa-se inicialmente o diagrama de dispersão apresentado na **Figura 7**. Observa-se que não há um padrão que indique haver algum tipo de relação linear entre o grau de turbidez da água e a concentração desses microrganismos, para nenhum dos tipos de água. Em particular, confirma-se a alta variabilidade do ET com relação à concentração de E.coli.

**Figura 7. Diagrama de dispersão dos níveis de turbidez (NTU) com relação às concentrações de *E.coli* (NMP/100m), por tipo de água.**



Fonte: autores.

As análises realizadas nesta seção serão estatisticamente testadas posteriormente, a fim de verificar cientificamente as conclusões até aqui obtidas. Devido às constatações das **Figuras 5 e 6**, quanto à distribuição dos dados, assim como ao reduzido tamanho das amostras para cada tipo de água, opta-se por realizar testes não-paramétricos.

### 3.1.1. Teste de correlação de Spearman

Através do teste de Spearman, foi possível avaliar a correlação linear entre a turbidez e os microrganismos indicadores de contaminação – neste caso a *E. coli*. A **Tabela 2** apresenta os resultados para as quatro fontes de águas de forma independente, correlacionando os valores de turbidez e *E. coli* para cada tipo de amostra. Além disso, apresenta uma avaliação global, comparando dados de todos os tipos de águas residuais entre si.

**Tabela 2:** Resultados do teste de Spearman para avaliar a correlação entre *E. coli* e Turbidez.

Tipo de água residual	n	Coefficiente de correlação ( $\rho$ )	p-valor	Relação
ACB	32	0,141	0,441	muito fraca
ACT	27	0,333	0,089	fraca
EB	11	0,491	0,125	moderada
ET	15	0,237	0,395	muito fraca
Todos os tipos	85	0,514	>0,001	moderada

Fonte: autores.

Conforme resultados apresentados na Erro! Fonte de referência não encontrada., há evidências estatísticas suficientes para afirmar que, quando avaliados todos os tipos de águas residuais juntos, existe uma relação moderada entre as medidas de turbidez e as concentrações de *E. coli*, com resultados estatisticamente significantes ( $p$ -valor < 0,001) para o nível de significância de 0,05. Esta relação provavelmente está sendo influenciada pela força da relação nos dados referentes ao EB. Quando avaliadas sob a perspectiva de amostras de água do mar, King (2016) também encontrou um coeficiente de correlação de Pearson ( $r=0,52$ ) que indicou uma correlação moderadamente positiva entre a turbidez e as concentrações de *E. coli*, que apresentou um  $p$ -valor significativo.

No estudo de Lawrence (2012) o autor também mostra que a turbidez foi o parâmetro estatisticamente mais significativo da densidade de *E. coli* em águas de rios. Complementarmente, Nguyen, Ward e

Lewis (2014) mostraram que os resultados obtidos de turbidez em relação à contagem de células sugerem uma regressão linear com alta correlação de  $R^2=0,993$ . Correlações significativas também foram exibidas entre turbidez e *E. coli* em amostras de bacias hidrográficas estudadas por Huey e Meyer (2010).

Nenhum dos tipos de água residuais avaliados separadamente apresentou forte relação entre os valores de turbidez e *E. coli*, como era esperado, de acordo com o observado na **Figura 7**. Dentre todas as análises, a relação mais forte identificada foi nas amostras de EB ( $p = 0,491$ ) – relação moderada – entretanto, essa correlação não foi estatisticamente significativa ( $p$ -valor=0,125). Em todos os outros casos avaliados (ACB, ACT e ET) a relação entre os parâmetros turbidez e *E. coli* em águas residuais foi fraca ou muito fraca. Em todos esses casos, o teste indicou que as correlações não são estatisticamente significantes, confirmando a suspeita gerada pela observação da **Figura 7** e induzindo à conclusão de que nem sempre altos valores de turbidez necessariamente devem representar um maior valor de microrganismos indicadores.

Muitos autores não encontraram correlações entre indicadores e patógenos, conforme mostra o estudo de Wu et al. (2011) quando avaliaram a relação entre indicadores e patógenos em várias fontes de águas. Segundo esses autores, em águas residuais – objeto deste estudo – o número de casos não correlacionados é quatro vezes maior que o número de casos correlacionados.

A turbidez é uma propriedade ótica da água que expressa a atenuação da luz devido à dispersão e absorção pela própria água, pelas partículas dissolvidas e pela matéria suspensa (MCCARTHY, PYLE e GRIFFIN, 1974). Dessa forma, com o aumento da turbidez, é provável que haja também um aumento de partículas suspensas na água, que pode representar a presença de microrganismos aderidos à estas. Krometis et al., (2007) relataram que 34 a 42 por cento de *E. coli* em amostras de águas superficiais foram encontradas nas partículas suspensas na coluna de água. Entretanto, Mackowiak et al. (2018) ao estudar a interferência do aumento de sólidos na presença de microrganismos em um rio, mostrou que as concentrações de *E. coli* na água aumentaram significativamente após períodos de chuva, mas as concentrações em biofilmes e sedimentos não foram significativamente diferentes. Segundo Wu et al. (2011), a presença de indicadores e patógenos em um determinado ambiente depende da presença de fontes microbianas dentro da área de captação e das taxas de transporte e derramamento de espécies hospedeiras, entre outras.

Por outro lado, vale destacar que a maioria dos estudos que afirmam haver correlação positiva entre a presença de microrganismos indicadores e a turbidez ou aumento de sólidos na água foram realizados em águas recreacionais ou fontes de água não residuais (KING, 2016; LAWRENCE, 2012; NGUYEN, WARD e LEWIS, 2014; HUEY e MEYER, 2010), e nestes casos deve-se considerar os diversos fatores que podem contribuir para esses resultados, como a condição de fluxo do corpo hídrico, maior turbidez devido ao carreamento de sólidos de regiões pastoris, descarte de efluentes contaminados, etc. Em casos de águas residuais, sobretudo tratadas, as condições são diferentes e as fontes de contaminação e/ou maior turbidez podem não estar correlacionadas, conforme mostrado. Complementarmente, Wu et al. (2011) entende que a ausência de microrganismos indicadores na água não garante a ausência de microrganismos patogênicos e a sua presença nem sempre representa um risco para a saúde pública.

### 3.1.2. Teste U de Mann-Whitney

Para a turbidez, os resultados do teste U mostraram que há evidências estatísticas suficientes para afirmar que tanto para as amostras de ACB e EB, quando comparadas, quanto para EB e ET, não há diferença

significativa entre a mediana dos valores deste parâmetro para o nível de significância de 0,05, conforme **Tabela 3**. Como apontado pela **Figura 3**, para as outras comparações feitas, o teste mostrou que há evidências que comprovam a diferença significativa entre as medianas da medida de turbidez destas águas residuais, para o mesmo nível de significância.

**Tabela 3:** Resultados do testes U de Mann-Whitney para a avaliação da turbidez entre as águas residuais.

TURBIDEZ		
Grupos Comparados	p-valor	Conclusões
ACB e ACT	<0,001	Há diferença significativa entre a mediana dos resultados.
ACB e EB	0,989	Não há diferença significativa entre a mediana dos resultados.
ACB e ET	0,007	Há diferença significativa entre a mediana dos resultados.
ACT e EB	<0,001	Há diferença significativa entre a mediana dos resultados.
ACT e ET	0,041	Há diferença significativa entre a mediana dos resultados.
EB e ET	0,061	Não há diferença significativa entre a mediana dos resultados.

Fonte: autores.

Os resultados corroboram com as pesquisas acerca da qualidade de água cinza, sobretudo no que concerne aos dados de ACB e ACT. A significativa diferença encontrada entre os valores de turbidez neste caso é explicada em estudos através do tipo de tratamento empregado, da eficiência de remoção de turbidez das estações de tratamento, entre outros fatores (COLARES e SANDRI, 2013; GHAITIDAK e YADAV, 2013).

Da mesma forma, ao comparar os valores de turbidez em ACB e EB este estudo reportou que não há diferença significativa entre os dados. Este resultado pode ser confirmado através de uma simples comparação em estudos que caracterizaram esses dois tipos de efluentes, onde é possível perceber que os valores de turbidez em água cinza podem chegar a cerca de 250 NTU em média (FIORI, FERNANDES e PIZZO, 2006), enquanto outros estudos em esgoto bruto apresentaram valores em torno de 182 NTU (PERIM, 2006), 126 NTU (GODINHO, 2010) e até mesmo 56,8 NTU (SANTIAGO, 2013) para o mesmo parâmetro. Todas essas variações podem ser devido à fonte de captação da água cinza, já que em sistemas que incluem a máquina de lavar ou a pia da cozinha, a turbidez tende a ser maior (PAULO et al. 2009).

Para os valores de *E. coli* reportados pelos estudos avaliados, o teste U mostrou que a comparação entre ACB e ET foi o único conjunto de dados que reportou um p-valor acima de 0,05, ou seja, neste caso a hipótese de que há diferença significativa entre a mediana das amostras foi rejeitada, com fortes evidências estatísticas de que os valores de *E. coli* dessas duas fontes de águas residuais possuem as medianas parecidas, para o nível de significância de 0,05, conforme **Tabela 4**.



**Tabela 4:** Resultados do teste U de Mann-Whitney para a avaliação da *E. coli* entre as águas residuais.

<i>E. coli</i>		
Grupos comparados	p-valor	Conclusões
ACB e ACT	<0,001	Há diferença significativa entre a mediana dos resultados de <i>E. coli</i> .
ACB e EB	<0,001	Há diferença significativa entre a mediana dos resultados de <i>E. coli</i> .
ACB e ET	0,141	Não há diferença significativa entre a mediana dos resultados de <i>E. coli</i> .
ACT e EB	<0,001	Há diferença significativa entre a mediana dos resultados de <i>E. coli</i> .
ACT e ET	0,001	Há diferença significativa entre a mediana dos resultados de <i>E. coli</i> .
EB e ET	0,026	Há diferença significativa entre a mediana dos resultados de <i>E. coli</i> .

Fonte: autores.

As demais comparações feitas tiveram resultados significativos indicando que os valores de *E. coli* diferem consideravelmente entre a água cinza em seu estado bruto e tratado e, naturalmente, quando comparada com as concentrações em esgoto bruto, corroborando os indícios apontados na **Figura 4**.

### CONCLUSÕES

Através dos resultados apresentados pelo teste de Spearman, pode-se concluir que em termos estatísticos, há evidências para afirmar que existe uma relação moderada significativa entre os tipos de águas residuais de ACB, ACT, EB e ET quando estudados de forma global. A mesma conclusão não foi encontrada quando esta avaliação foi feita de forma individual em cada tipo de amostra. Em termos estatísticos, não há nenhuma correlação forte e significativa entre a turbidez e a *E. coli* em águas residuais, induzindo à uma conclusão de que nem sempre altos valores de turbidez necessariamente devem representar um maior valor de microrganismos indicadores, não podendo, portanto, utilizar a turbidez como um parâmetro indicador e norteador de avaliações de risco microbiológico em águas residuais. Ademais, pelos resultados obtidos do teste U de Mann-Whitney para a turbidez de águas residuais, pode-se concluir que há evidências estatísticas suficientes para afirmar que tanto para as amostras de ACB e EB, quando comparadas, quanto para EB e ET, não há diferença significativa entre a mediana dos valores deste parâmetro para o nível de significância de 0,05. Entretanto, para os demais pares estudados, essa diferença ficou evidente, garantindo que os valores de turbidez entre essas amostras são consideravelmente diferentes.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-GHEETHI, A. A., MOHAMED, R. R., EFAG, A. N., & HASHIM, M. A. Reduction of microbial risk associated with greywater by disinfection processes for irrigation. *Journal of water and health*, 2016.
- ARDEN, S.; MA, X. Constructed wetlands for greywater recycle and reuse: A review. *Science of The Total Environment*, v. 630, p. 587-599, 2018.
- BIRKS, R., HILLS, S. Characterisation of indicator organisms and pathogens in domestic greywater for recycling. *Environmental monitoring and assessment*, v. 129, n. 1-3, p. 61-69, 2007.
- COHIM, E., PEIXOTO, A. C., PASSOS, V., & KIPERSTOK, A. Comportamento de águas cinzas sintéticas durante armazenamento. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL EM SANEAMENTO SUSTENTÁVEL. 2007.
- COLARES C. J. G.; SANDRI D. Eficiência do tratamento de esgoto com tanques sépticos seguidos de leitos cultivados com diferentes meios de suporte. *Revista ambiente e água*. Taubaté, v. 8, n. 1, p. 172-185, 2013.
- FIORI, S, FERNANDES, V. M. C., PIZZO, H. Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 19-30, 2006.

- GHAITIDAK, D. M., YADAV, K. D. Characteristics and treatment of greywater—A review. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 20, n. 5, p. 2795-2809, 2013.
- GODINHO V. M. Investigação de bactérias patogênicas por técnicas moleculares em um sistema de tratamento de esgotos composto por reator UASB e lagoas de polimento. Tese – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte – MG, 2010.
- HUEY, G. M., MEYER, M. L. Turbidity as an indicator of water quality in diverse watersheds of the upper Pecos river basin. *Water*, v. 2, n. 2, p. 273-284, 2010.
- IGNOTO R. F. Avaliação quantitativa de risco microbiológico em águas e biossólidos: estado da arte. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública – USP. São Paulo, 2010.
- KING, A. M., "Relationships Between Fecal Indicator Bacteria and Environmental Factors at Edgewater Beach". Honors Research Projects - The University of Akron 331. Disponível em: <[http://ideaexchange.uakron.edu/honors\\_research\\_projects/331](http://ideaexchange.uakron.edu/honors_research_projects/331)>. Acesso em: 13 jan 2018.
- KNUPP A. M. Desempenho de um sistema composto por um filtro anaeróbio e um “wetland” horizontal na produção de água para reuso predial a partir de água cinza clara. Dissertação – Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória – ES, 2013.
- KROMETIS, L.H., Characklis, G.W., Dilts, M.J., Simmons, O.D., III, Likirduplos, C.A., and Sobsey, M.D. Intra-storm variability in microbial partitioning and microbial loading rates: *Water Research*, v. 41, no. 2, p. 506–516. 2007.
- LAWRENCE, S. J. *Escherichia coli* bacteria density in relation to turbidity, streamflow characteristics, and season in the Chattahoochee River near Atlanta, Georgia, October 2000 through September 2008—Description, statistical analysis, and predictive modeling. US Geological Survey, 2012.
- LEONARD, M. GILPIN, B., ROBSON, B., & WALL, K. Field study of the composition of greywater and comparison of microbiological indicators of water quality in on-site systems. *Environmental monitoring and assessment*, v. 188, n. 8, p. 475, 2016.
- MACKOWIAK, M. LEIFELS, M., HAMZA, I. A., JURZIK, L., & WINGENDER, J. Distribution of *Escherichia coli*, coliphages and enteric viruses in water, epilithic biofilms and sediments of an urban river in Germany. *Science of The Total Environment*, v. 626, p. 650-659, 2018.
- MCCARTHY, J. C., PYLE, T. E., GRIFFIN, G. M. Light transmissivity, suspended sediments and the legal definition of turbidity. *Estuarine and Coastal Marine Science*, v. 2, n. 3, p. 291-299, 1974.
- NGUYEN L. A. WARD, A. J. LEWIS, D. Utilisation of turbidity as an indicator for biochemical and chemical oxygen demand. *Journal of Water Process Engineering*, v. 4, p. 137-142, 2014.
- PARANYCHIANAKIS, N.V.; SALGOT, M.; SNYDER, S.A.; ANGELAKIS, A.N. Water reuse in EU states: Necessity for uniform criteria to mitigate human and environmental risks. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 45, 1409–1468. 2015
- PAULO, P. L., BEGOSSO, L., PANSONATO, N., SHRESTHA, R. R., & BONCZ, M. A. Design and configuration criteria for wetland systems treating greywater. *Water Science and Technology*, v. 60, n. 8, p. 2001-2007, 2009.
- PERIN, K. Reúso de efluente de lagoa de polimento no cultivo de alface hidropônica (*Lactuca sativa* L.) e de plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Dissertação - Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória – ES, 2006.
- SALKIND, N. J.; Rainwater, Terese. Exploring research. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2003.
- SANTIAGO, A. F. Avaliação do desempenho de lagoas de alta taxa no tratamento de esgoto pré-desinfestado submetidas a diferentes níveis de radiação solar. Tese – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG, 2013.
- WU J., LONG S. C. DAS D., DORNER S. M. Are microbial indicators and pathogens correlated? A statistical analysis of 40 years of research. *Journal of Water and Health*. V. 09.2. p. 265-278. 2011.