

II-379 – HIDRÓLISE ALCALINA DE LODO PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO COM BAIXAS CONCENTRAÇÕES DE SÓLIDOS VISANDO O AUMENTO DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS

Wilza da Silva Lopes⁽¹⁾

Engenheira Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Doutoranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

Ysa Helena Diniz Moraes de Luna

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Mestranda em Ciência e Tecnologia pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Fernanda Patricio do Monte

Engenheira Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Doutoranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

Jose Tavares De Sousa

Professor Doutor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA), Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

Wilton Silva Lopes

Professor Doutor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA), Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Endereço⁽¹⁾: Rua Papa João Paulo I, 325 – Nova Brasília – Campina Grande – PB – CEP: 58406-650 – Brasil; e-mail: wilzasilvalopes@hotmail.com

RESUMO

O lodo gerado nos processos biológicos de tratamento de esgoto é uma mistura bastante complexa, que possui constituintes que oferece riscos à saúde pública e ao meio ambiente, necessitando assim de um tratamento antecedendo a sua disposição final. Uma técnica bastante aplicada no tratamento biológico de lodo de esgoto é a digestão anaeróbia. Para melhorar esse processo, o pré-tratamento utilizando os mais diversos tipos de hidrólise tem sido utilizado proporcionando diminuição do tempo para estabilização do lodo e melhoria na biometanização, uma vez que a hidrólise propicia a liberação das substâncias poliméricas extracelulares (EPS) fortemente ligadas. Tendo em vista que para obtenção de um lodo mais desidratado é necessário o rompimento da estrutura celular e da camada de EPS, o presente trabalho buscou investigar o processo de solubilização através da hidrólise alcalina, para aumentar a quantidade do material solúvel e assim melhorar a produção de metano nos diversos lodos obtidos no tratamento biológico de esgoto sanitário. Para isso avaliou a aplicação da hidrólise em pH 12 por 48 horas no lodo primário, aeróbio e anaeróbio com baixa concentração de sólidos totais visando a produção de biogás. Os estudos realizados apresentaram um aumento de 9, 34 e 24 vezes na concentração de proteína solúvel e 6, 23 e 10 vezes na concentração de carboidratos solúvel para os lodos primário, aeróbio e anaeróbio, respectivamente. Portanto, a hidrólise alcalina se mostra bastante eficiente mesmo se utilizando de lodos com baixas concentrações de sólidos totais.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo de esgoto, Hidrólise alcalina, Material solúvel.

INTRODUÇÃO

Uma das principais preocupações ambientais está relacionada aos impactos causados pelas atividades humanas, dentre elas destaca-se a geração, tratamento e disposição dos esgotos. Com os processos de tratamento de esgoto surgem então os problemas associados aos subprodutos desses processos, necessitando assim do gerenciamento dos resíduos gerados no tratamento de esgoto.

O lodo de esgoto pode ser definido como um resíduo formado por diferentes substâncias, resultante dos processos de tratamento de esgotos sanitários (Brasil, 2006). Dentre essas substâncias encontram-se os

microrganismos patogênicos, elementos tóxicos, além de nutrientes e matéria orgânica, e por isso devem ter sua disposição ou tratamento adequado, levando em consideração as características do lodo.

Segundo Van Haandel e Sobrinho (2006), os processos de tratamento de lodo de esgoto devem procurar a redução do teor de material orgânico biodegradável, da concentração de microrganismos patogênicos e do teor de água para a obtenção de um lodo estável e biodegradado, de maneira que possa ser disposto sem oferecer risco à saúde humana e ao ambiente.

Vale ressaltar a importância da utilização do lodo para a produção de biogás, uma vez que esse resíduo apresenta vários compostos orgânicos como carboidratos, proteínas, lipídios, que são conhecidos como as substâncias poliméricas extracelulares (EPS).

Como as EPS formam uma vasta estrutura de macromoléculas orgânicas com abundância de água que protege as células contra a desidratação, são necessárias estratégias para degradação desse material, de forma a torná-lo disponível para ser assimilado por microorganismos e desse modo otimizar a digestão anaeróbia, tornando o lodo mais mineralizado. Para isso, o pré-tratamento do lodo através da hidrólise vem sendo uma técnica útil e em diversos estudos tem apresentado resultados satisfatórios. Monte et al. (2017) investigaram o aumento da produção de biogás (metano) a partir da solubilização alcalina em lodos de esgotos e Liu et al. (2013) investigaram o efeito do pH e da temperatura na hidrólise do lodo, ambos os estudos observaram aumento nas concentrações de material solúvel. Esse pré-tratamento pode ser mecânico, térmico, químico, biológico, ou ainda é possível a utilização combinada desses pré-tratamentos, como por exemplo, o térmico e alcalino, dentre outros.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar o aumento das concentrações do material solúvel a partir da aplicação da hidrólise alcalina em lodo primário, aeróbio e anaeróbio de baixas concentrações de sólidos totais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Fonte do lodo

Os lodos utilizados nesse estudo foram obtidos por meio das pesquisas desenvolvidas na Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgoto Sanitário (Extrabes), situada na cidade de Campina Grande, na Paraíba.

O lodo primário foi obtido a partir da coleta do esgoto sanitário. Esse esgoto após coletado foi deixado em repouso por 45 minutos e posteriormente homogeneizado lentamente, de forma que o material retido nas paredes do recipiente fosse misturado à massa líquida. Depois de 15 minutos em repouso foi retirado o sobrenadante e o material sedimentado foi recolhido, obtendo-se o lodo primário.

O lodo anaeróbio foi obtido em reator anaeróbio de fluxo ascendente com volume de 2 L e uma vazão de 12 L/d, apresentando um tempo de detenção hidráulico (TDH) de 4 horas e tempo de retenção de sólidos (TRS) baixo, de 8 dias. Para coleta do lodo todo o material contido dentro do reator (líquido + lodo) foi retirado, homogeneizado, e assim retirada uma alíquota do licor misto para ser analisado, o restante do material foi devolvido para dentro do reator.

O lodo aeróbio foi obtido em reator sequencial em batelada (RSB) com TRS de 2 dias e volume de 76 L, sendo 50 L do tanque de aeração e 26 L do decantador. O sistema funcionou de forma intermitente com 4 ciclos ao dia, com 3 horas de duração cada ciclo, sendo 2 horas de aeração, 45 min para repouso (decantação) e 15 min para enchimento (alimentação).

Características do lodo

A Tabela 1 apresenta as características físico-químicas dos lodos primário, aeróbio e anaeróbio gerados nos processos de tratamento do esgoto.

Tabela 1. Características físico-químicas dos lodos primário, aeróbio e anaeróbio.

| PARÂMETRO | LODO PRIMÁRIO | LODO AERÓBIO | LODO ANAERÓBIO |
|---------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| pH | 7,28± 0,20 | 7,27± 0,15 | 7,62± 0,15 |
| AT* (mg CaCO ₃ /L) | 585,26± 106,69 | 649,01± 96,01 | 506,24± 89,72 |
| Condutividade (mS) | 2,46± 0,21 | 2,65± 0,32 | 2,52± 0,22 |
| Sólidos Totais (ST) (g/L) | 40,98± 14,43 | 48,05± 13,27 | 21,65± 3,70 |
| Sólidos Totais Voláteis (g/L) | 30,40± 10,77 | 33,48± 7,73 | 15,58± 2,66 |
| Sólidos Suspensos Totais (g/L) | 38,68± 13,69 | 45,77± 12,40 | 20,72± 3,77 |
| Sólidos Suspensos Voláteis (g/L) | 28,76± 9,95 | 32,27± 7,21 | 15,06± 2,72 |
| DQO** total (g O ₂ /kg ST) | 1108,01±485,07 | 1443,00± 289,56 | 1438,52± 659,35 |
| NTK*** (g /kg ST) | 28,28± 21,45 | 39,17± 28,45 | 40,37± 13,51 |
| Fósforo total (g/kg ST) | 8,74± 4,08 | 11,02± 4,57 | 11,46± 1,51 |

* Alcalinidade Total; **Demanda Química de Oxigênio; ***Nitrogênio Total Kjeldahl

Experimento de hidrólise alcalina

Inicialmente as concentrações dos lodos foram ajustadas para uma concentração de (ST) de 5 g/L (lodo aeróbio) e 6 g/L (lodo primário e anaeróbio). Para realização da hidrólise alcalina foi utilizado o hidróxido de sódio (NaOH) para elevar o pH para 12 e ácido clorídrico (HCl) para retornar o pH para próximo da neutralidade, após a realização da hidrólise.

Para determinar a quantidade de NaOH necessária para elevar o pH foi feita uma padronização, com 20 mL de amostra de cada um dos lodos. Utilizando um medidor de pH foi adicionada gradativamente uma solução de NaOH na concentração de 1 N até a amostra atingir pH 12. Esse volume então foi transformado para peso seco de NaOH equivalente e, então, a relação quantitativa direta foi feita para quantificar o valor de NaOH necessário para alcalinizar à pH 12 amostras de 100 mL. O mesmo procedimento foi feito para baixar o pH para 7, após a realização da hidrólise, para o HCl. A dosagem para o lodo primário foi de 0,16 g NaOH/100 mL, para lodo aeróbio de 0,13 g NaOH/100 mL e para o lodo anaeróbio de 0,16 g NaOH/100mL.

O ensaio de hidrólise procedeu com amostras de 100 mL, em triplicata, para cada um dos lodos estudados que foram mantidas sob agitação à 200 rotações por minuto em mesa agitadora (New Brunswick Scientific, mod. G 33), com o tempo de tratamento 48 h, à temperatura ambiente de aproximadamente (28°C). Ao final do processo de hidrólise as amostras foram neutralizadas com HCl.

Foram realizadas as análises de Carbono Orgânico Dissolvido (COD), Sólidos Dissolvidos e suas frações, Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK) solúvel, Fósforo total solúvel, proteínas e carboidratos (Produtos Microbianos Solúveis - SMP). As técnicas usadas para a determinação seguiram o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012), exceto proteínas e carboidratos que foram quantificadas pelo método Lowry (mod. by Frølund et al. (1995)) e Dubois et al. (1956), respectivamente.

RESULTADOS

Com base nos ensaios realizados foi possível avaliar a concentração do material solúvel antes e depois do processo de solubilização dos lodos primário, anaeróbio e aeróbio, uma vez que esse processo promove a ruptura das células e da camada de EPS, liberando assim as substâncias mais facilmente biodegradáveis e facilitando a produção de metano. A Tabela 2 apresenta as concentrações médias para sólidos dissolvidos e suas frações, COD, fósforo total solúvel e NTK solúvel e as Figuras 1 e 2 apresentam os valores médios de proteínas e carboidratos solúveis para os lodos primário, aeróbio e anaeróbio antes do pré-tratamento e após o processo de hidrólise.

Tabela 2: Valores médios antes e depois da solubilização do lodo primário, anaeróbio e aeróbio.

| | Primário | | Anaeróbio | | Aeróbio | |
|--------------------------|----------|-------------|-----------|-------------|---------|-------------|
| | Bruto | Hidrolisado | Bruto | Hidrolisado | Bruto | Hidrolisado |
| SDT* (g/L) | 1,72 | 4,56 | 1,61 | 5,09 | 0,24 | 2,78 |
| SDV** (g/L) | 0,35 | 1,10 | 0,30 | 1,47 | 0,06 | 0,84 |
| SDF*** (g/L) | 1,36 | 3,46 | 1,31 | 3,62 | 0,18 | 1,94 |
| COD (g/kg ST) | 2,81 | 17,81 | 2,30 | 20,91 | 0,92 | 15,48 |
| NTK (g/kg ST) | 10,62 | 22,71 | 11,29 | 30,89 | 5,88 | 27,33 |
| Fósforo (g/kg ST) | 1,05 | 2,02 | 0,99 | 2,48 | 0,16 | 2,16 |

* Sólidos dissolvidos Totais; ** Sólidos dissolvidos voláteis *** Sólidos dissolvidos fixos.

Conforme a Tabela 2 é possível observar o aumento do material solúvel após o processo de hidrólise alcalina em todos os lodos estudados. Após o processo de hidrólise foi possível obter uma concentração de sólidos totais dissolvidos de 3, 12 e 3 vezes maior que a concentração inicial para os lodos primário, aeróbio e anaeróbio, respectivamente. O mesmo pode ser observado para o COD, onde o lodo primário aumentou 6 vezes, o aeróbio 17 e o anaeróbio 9 vezes. A Figura 1 apresenta os valores médios de COD para os lodos primário, aeróbio e anaeróbio.

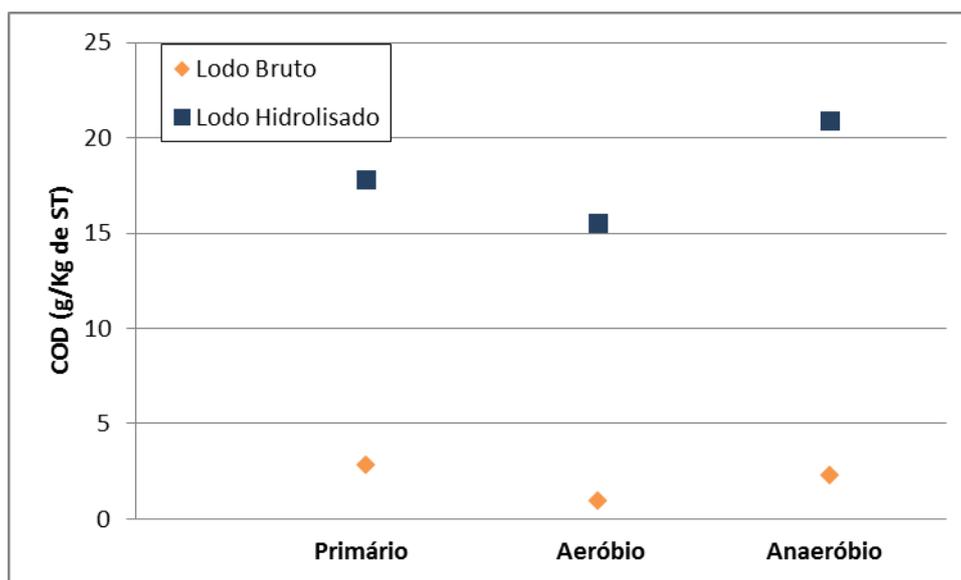


Figura 1. Valores médios para COD dos lodos estudados.

Quanto a fósforo total solúvel e NTK solúvel observou-se que as suas concentrações apresentaram aumento iguais para os lodos primário e anaeróbio. No lodo primário as concentrações desses parâmetros dobraram e no lodo anaeróbio triplicaram, enquanto que o lodo aeróbio teve um aumento de 14 vezes para fósforo solúvel e 5 vezes para NTK.

As proteínas e os carboidratos são os principais componentes das substâncias poliméricas extracelulares (EPS) no lodo. Chen et al. (2007) verificaram que o lodo apresenta 61% de proteína, 11% carboidratos, menos de 1% de lípidos e mais de 27% de componentes desconhecidos.

Este estudo mostrou que a quantidade de proteínas solúvel é bem maior que a de carboidratos, apresentando concentrações de proteínas 6, 3 e 6 vezes maiores do que carboidratos para os lodos primário, aeróbio e anaeróbio, respectivamente, corroborando assim com a afirmação de Chen et al. (2007).

No presente trabalho foi observado que o pré-tratamento com hidrólise alcalina resultou num aumento das concentrações de materiais solúveis, principalmente de carboidratos e proteínas. As concentrações de proteínas obtiveram valores de 97,2 g/kg ST, 143,1 g/kg ST e 93,5 g/kg ST para os lodos primário, anaeróbio e

aeróbio, respectivamente (Figura 2). Esses valores representam um aumento de 9, 34 e 24 vezes na concentração de proteínas solúveis quando comparado à concentração observada antes do pré-tratamento.

Para os carboidratos, as concentrações encontradas foram de 16,8 g/kg ST, 23,5 g/kg ST e 28 g/kg ST para os lodos primário, anaeróbio e aeróbio, respectivamente (Figura 3). Esses valores representam um aumento de 6, 23 e 10 vezes na concentração de proteínas solúveis quando comparado ao lodo sem o pré-tratamento.

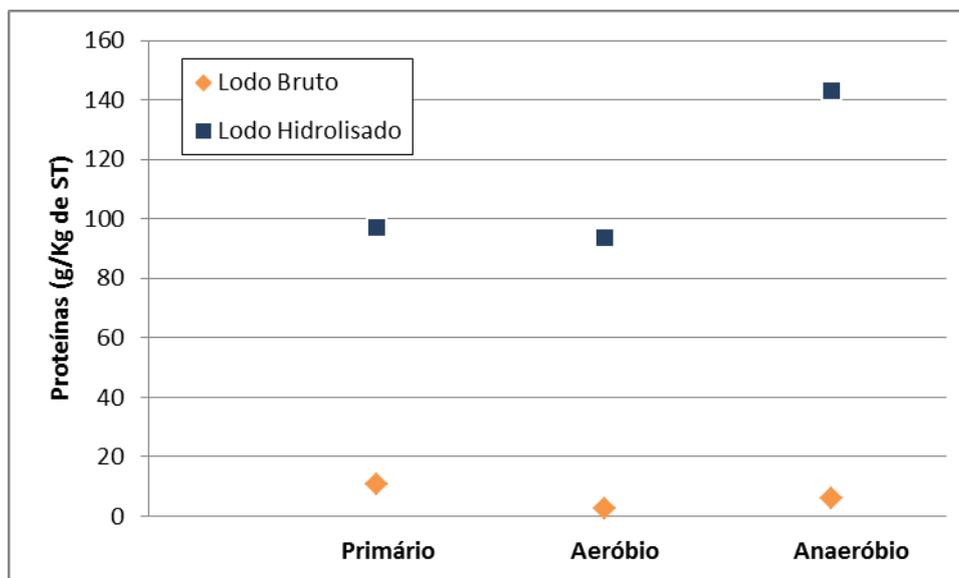


Figura 2. Valores médios para proteína solúvel dos lodos estudados.

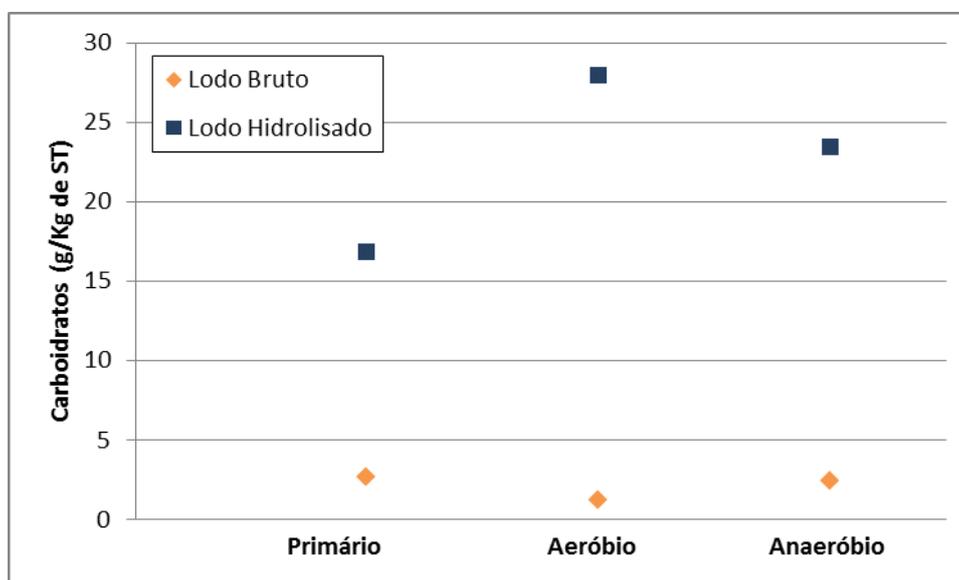


Figura 3. Valores médios para carboidrato solúvel dos lodos estudados.

Em estudo realizado por Monte et al. (2017) utilizando pH 12 e tempo de 48 horas as concentrações encontradas foram de 29,53 g/kg ST de carboidratos e 119,6 g/kg ST de proteínas utilizando um lodo aeróbio com concentração de sólidos totais de 20 g/L. Já Chen et al. (2007) utilizaram lodo aeróbio com concentração de ST de 13,8 g/L, pH 11 e 2 dias encontraram 8,6 g/kg ST e 68 g/kg ST para carboidratos e proteínas, respectivamente.

Sendo assim, pode se observar que o pH tem um efeito bem maior no processo de solubilização do lodo que a concentração de sólidos, uma vez que nos estudos com o mesmo valor de pH e tempo de reação as concentrações de proteínas e carboidratos foram maiores, o que mostra que os resultados foram satisfatórios quando comparados com os estudos de Monte et al. (2017) e Chen et al. (2007).

De acordo com os resultados obtidos no processo de hidrólise, percebe-se maior concentração de carboidratos no lodo aeróbio. No entanto, apesar de apresentar uma concentração de proteínas menor do que o lodo anaeróbio, o lodo aeróbio alcançou um aumento nesse material de 34 vezes após a solubilização, enquanto que o lodo anaeróbio apresentou aumento de 24 vezes. Segundo Andrade et al., (2005) as concentrações de EPS em lodos aeróbios serem maior que em lodos anaeróbios, pode ser devido aos maiores níveis de oxigênio disponibilizados nesse reator, viabilizando a produção de EPS.

Vale ressaltar que a produção de metano é afetada com valores de pHs elevados. No estudo de Chen et al., (2007), em pH entre 10 e 11 não houve produção de metano, isso porque a maioria das bactérias metanogênicas se desenvolvem melhor em pH no intervalo de 6,6 a 7,6. Sendo assim, além de solubilizar a matéria orgânica remanescente nos lodos, se faz necessário retornar o pH para próximo da neutralidade, quando o se objetiva recuperação da energia no lodo pré-tratado.

CONCLUSÕES

O lodo apresenta em sua composição as substâncias poliméricas extracelulares que estão fortemente ligadas, presentes no interior das células. As EPS influenciam nas propriedades físico-químicas dos agregados microbianos, na atividade metabólica, na estrutura do floco do lodo, na sedimentação e no desaguamento. Todavia, o conhecimento sobre as EPS são necessárias para o processo de tratamento do lodo.

A hidrólise do lodo primário, aeróbio e anaeróbio com baixa concentração de sólidos foi melhorada significativamente por meio do aumento do material solúvel, tendo a maior concentração de proteínas no lodo anaeróbio e de carboidratos no lodo aeróbio. Os resultados ainda mostraram que a aplicação da hidrólise em pH 12 e tempo de reação de 48 horas apresentaram resultados satisfatórios para proteínas e carboidratos para a ruptura das células de microrganismos presentes nos lodos estudados.

O processo de hidrólise, como um pré-tratamento do lodo, propicia o aumento do material solúvel como foi observado nos casos dos lodos estudados que apresentaram aumento na solubilização de carboidratos e proteínas, mostrando esse procedimento como eficiente quando se objetiva otimizar o tratamento do lodo, aumentando assim a produção de metano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDRADE, M. C. F. E.; LUBE, L. M.; FÉLIX, E.; GONÇALVES, R. F.; CASSINI, S. T. A. Extração e solubilização de polímeros extracelulares de lodos de uma ETE do tipo UASB + BFS através da hidrólise química. *23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Campo Grande/MS, 2005.
2. APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22th ed. Washington, D.C. 2012.
3. BRASIL, MINISTÉRIO DAS CIDADES. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. 2006.
4. CHEN, Y. G.; JIANG, S.; YUAN, H. Y.; ZHOU, Q.; GU, G. W. Hydrolysis and acidification of waste activated sludge at different pHs. *Water Research*, vol. 41, p. 683–689, 2007.
5. DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, n. 28, p. 350-356, 1956.
6. FRØLUND B, GRIEBE T, NIELSEN P. H. Enzymatic activity in the activated-sludge floc matrix. *Appl Microbiol Biotechnol*, vol. 43, p. 755 – 761, 1995.
7. LIU, X.; DONG, B.; DAI, X. Hydrolysis and acidification of dewatered sludge under mesophilic, thermophilic and extreme thermophilic conditions: Effect of pH. *Bioresource Technology*, vol. 148, p. 461–466, 2013.

8. MONTE, F. P.; BRITO, A. L. M.; LOPES, W. S.; CEBALLOS, B. S. O.; AUMENTO DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS (METANO) A PARTIR DA SOLUBILIZAÇÃO DE LODOS DE ESGOTOS. In: Giselle Medeiros da Costa One; Helder Neves de Albuquerque (ORGs). Saúde e Meio Ambiente: os desafios da interdisciplinaridade nos ciclos da vida humana. Instituto Bioeducação – IBEA - Campina Grande - PB p. 276-294, 2017.
9. VAN HAANDEL, A.; SOBRINHO, P.A.; Produção, Composição e Constituição do lodo. In: *Biossólidos - Alternativas de Uso de resíduos do saneamento*. Rio de Janeiro: ABES, 2006, p. 417, 2006.