

CARACTERIZAÇÃO E TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO PARA EFLUENTES PROVENIENTES DA SUINOCULTURA

Amanda Piumbini Ribeiro¹, Fernanda Araújo Rangel¹, Jéssica da Silva Dias Abreu¹, Mirella Gonçalves da Fonseca Miranda da Silva².

¹ Acadêmico do curso de Engenharia da Computação

² Mestre em Informática – Professor Multivix - Vitória

RESUMO

Com a crescente demanda por carne suína no mundo, aumentou a produção de suínos e consequentemente a quantidade de dejetos. Os dejetos suínos apresentam um alto potencial poluidor do ponto de vista ambiental e sanitário devido à alta carga de matéria orgânica. Entretanto, quando devidamente tratados, podem apresentar potencial para a geração de produtos de valor agregado, como por exemplo a conversão de matéria orgânica em biogás, que é uma fonte alternativa de energia para alimentação de geradores de eletricidade. A pesquisa evidenciou que a contaminação ambiental é na maioria das vezes causada pelo manejo inadequado desses dejetos e que existem vários métodos de tratamento. Todos os tipos de tratamento buscam minimizar os impactos ambientais causados pelos dejetos, não havendo ordem de importância entre eles, uma vez que a escolha do processo ocorre pela quantidade de dejetos produzida, principalmente. Pretendeu-se analisar os possíveis tratamentos de efluentes oriundos da suinocultura, a fim de demonstrar sua aplicabilidade e eficiência para atendimento às normas e redução de seus impactos ambientais. Os parâmetros analisados foram DBO, DQO, N e P. O sistema mostrou que as eficiências de remoção foram satisfatórias para alguns autores, Medri, por exemplo, por meio de lagoas de estabilização, obteve uma remoção de 98% de DBO, 98% de DQO, 92% de N e 96% de P. Já Pereira, Campos e Monterani, por meio de reator UASB, os resultados de remoção obtidos foram 55% de DBO, 32% de DQO e 8,6% de N.

Palavra-chave: suinocultura, dejetos suínos, tratamento.

ABSTRACT

With the growing demand for pork in the world, the production of pigs and consequently the amount of manure has increased. Swine manure has a high polluting potential from an environmental and sanitary point of view due to the high load of organic matter. However, when properly treated, they may have the potential to generate value-added products, such as the conversion of organic matter into biogas, which is an alternative source of energy for powering electricity generators. The research showed that environmental contamination is most often caused by the inadequate management of these wastes and that there are several treatment methods. All types of treatment seek to minimize the environmental impacts caused by waste, with no order of importance between them, since the choice of process is mainly based on the amount of waste produced. It was intended to analyze the possible treatments of effluents from swine farming, in order to demonstrate their applicability and efficiency to meet the standards and reduce their environmental impacts. The parameters analyzed were BOD, COD, N and P. The system showed that the removal efficiencies were satisfactory for some authors, Medri, for example, through stabilization ponds, obtained a removal of 98% of BOD, 98% of COD, 92% N and 96% P. Pereira, Campos and Monterani, using a UASB reactor, the removal results obtained were 55% BOD, 32% COD and 8.6% N.

Keywords: pig farming, swine waste, treatment.

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio tem grande importância para a economia nacional, pois apresenta amplo potencial de geração de empregos e renda. O setor tem ampliado sua produção continuamente, promovendo o desenvolvimento do interior do país e incrementando as exportações. Foi um setor muito importante para a retomada do crescimento econômico e vem procurando especializar-se, cada vez mais, em tecnologia, com intuito de aprimorar suas atividades e tornar o setor competitivo e com destaque no mercado internacional (GOMES, 2002; RODRIGUES, 2006).

Dentre as diferentes cadeias produtivas integrantes do sistema agroindustrial brasileiro, a de suínos vem se destacando pelo forte dinamismo em razão das mudanças nas características dos produtos, na inserção no mercado internacional, pelos ganhos tecnológicos e pelas sensíveis alterações da escala de operação. A cadeia suinícola brasileira também se evidencia por apresentar grande articulação entre os diferentes agentes que a compõem, bem como pelo volume de investimentos injetados na atividade (GOMES, 2002).

Os métodos de produção de suínos podem ser sintetizados basicamente em dois tipos: o método intensivo e o método extensivo. Na criação intensiva, os animais são criados em confinamento dentro de baias ou gaiolas e em terrenos relativamente pequenos, considerando o tamanho de uma granja. Já na criação extensiva, os suínos são mantidos soltos no campo e o uso de tecnologias é baixo. Devido ao fato de os animais de todas as fases do ciclo de vida serem criados juntos, a produtividade pode ser prejudicada, pois ocorre disputa por espaço e alimento (FERNANDES, 2012). Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), em 2020 o Brasil atingiu a 3ª posição mundial na produção de suínos, com 41 milhões de cabeças, ou seja, 4,4% do total. Em relação às exportações de carne suína, em 2020 o Brasil ficou em 7º lugar, e o 8º lugar nas duas últimas décadas, com participação abaixo de 5%.

As maiores preocupações ambientais relacionadas à suinocultura referem-se à contaminação dos solos, lençóis freáticos, pela lixiviação dos dejetos, e a liberação de gases como o dióxido de carbono, metano e gás sulfídrico, que em grandes quantidades são maléficos para a biosfera (SARDÁ et al., 2010).

A expansão da atividade suinícola desperta a necessidade pela destinação correta dos dejetos e resíduos. Segundo Rizzoni et al. (2012), a suinocultura é considerada, pelos órgãos de controle ambiental, a atividade agropecuária que ocasiona maior impacto ambiental, pois produz gases que a partir de determinadas concentrações podem tornar-se tóxicos e afetar a saúde tanto animal quanto humana (ROBIN et al, 2010). Entre esses gases destacam-se principalmente o CH₄, N₂O e CO₂, além de outros gases que são compostos atmosféricos não considerados como Gases de Efeito Estufa (GEE), mas que têm efeitos sobre as suas concentrações, como é o caso do NH₃. O conhecimento dessas emissões gasosas passa a ser importante para minimizar a transferência de poluição versos ao ar em casos de emissões elevadas (SAMPAIO & NÃÃS, 2012). A característica poluidora se deve, fundamentalmente, à composição química dos dejetos suínos, sendo ele maior que os dejetos de origem humana, e aos dejetos de outras criações, como de aves ou bovinos (WOLFF, 2006). Os dejetos suínos são constituídos por fezes, urina, água desperdiçada pelos bebedouros e de higienização, resíduos de ração, pelos, poeiras e outros materiais decorrentes do processo criatório (RIZZONI et al., 2012).

A poluição ambiental causada pelo manejo inadequado desses dejetos é um tema que cresce em importância devido às exigências de órgãos mundiais e da própria sociedade como um todo (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002). Por essas informações, é preciso minimizar os resíduos por meio de práticas economicamente vantajosas, que oferecem possibilidade do controle ambiental (BRILHANTE & CALDAS, 1999).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), a partir da Resolução nº 430/11, dispõe padrões para lançamento e tratamento de efluentes, considerando especificações locais onde a indústria se insere. Os dejetos sólidos e orgânicos podem ser tratados por meio da compostagem. Esse processo é um dos mais utilizados devido aos seus bons resultados (SOTO 2010; SUNADA, 2014). Para o tratamento dos dejetos líquidos, um importante método é a biodigestão anaeróbica (MACHADO, 2015). Nesse procedimento, microrganismos anaeróbicos degradam a matéria orgânica transformando-a, principalmente, em biogás e em um efluente em que ainda existem cerca de

1% de sólidos totais, que deve ser tratado para a produção de biofertilizante e reciclagem de fósforo (SOUZA, 2005).

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo demonstrar por meio de um levantamento bibliográfico as características físico-químicas dos efluentes provenientes de um processo produtivo de suínos, assim como as tecnologias disponíveis para tratamento adequado e as normas redigidas para seu lançamento padronizado. O trabalho se justifica pela relevância do conhecimento das características desses efluentes, a fim de promover tratamento adequado e conseqüentemente a redução dos impactos ambientais ocasionados pelo lançamento inadequado desse efluente.

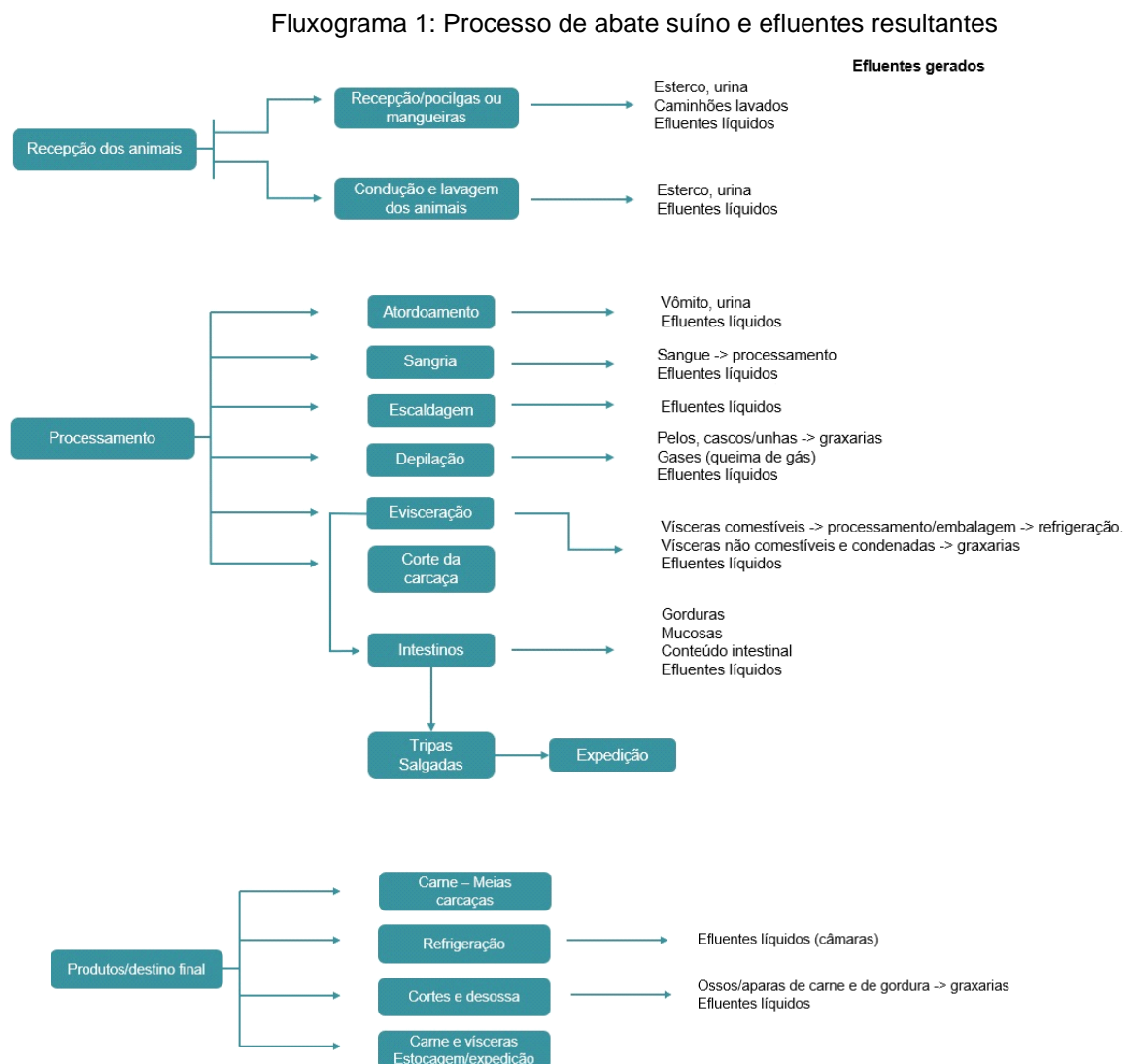
2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Produção de Carne Suína

A suinocultura integra diversos processos produtivos, compostos por granjas (criação de animais), agroindústria (frigoríficos e abatedouros), indústria de alimentos destinada à distribuição de atacado e varejo, e produção de insumos destinado exclusivamente aos animais, como ração e vacinas, até chegar à etapa final do processo, que são os consumidores. No Brasil, o sistema de criação de suínos se divide em relação ao manejo dos animais de acordo com as características da região e da capital investida pelo produtor, podendo ser classificado da seguinte forma: sistema intensivo ou à solta, sistema semi-intensivo, sistema intensivo e sistema intensivo de suínos criados ao ar livre. Esses sistemas primordiais integram todas as etapas de processo de produção, com o objetivo de preparar os animais até atingirem o peso de abate, aproximadamente 106kg, e posteriormente destinando-os a agroindústria (GUIMARÃES et al. 2017; SARCINELLI e VENTURINI, 2007).

Segundo os autores Guimarães et al. (2017) e Lucas et al. (2014), o processo de abate se inicia a partir de métodos de atordoamento (ou insensibilização), a fim de proporcionar a inconsciência do animal, minimizando o sofrimento e causando menos impacto na qualidade final do produto. Após serem abatidos, os animais devem ser rapidamente conduzidos ao processo de sangria. Em

seguida, os animais são escaldados em tanques de água a uma temperatura entre 62°C e 72°C durante dois a cinco minutos, contribuindo na redução da carga microbiana presente na carcaça e evitando a proliferação de microrganismos. Posteriormente, as carcaças do animal passam por um processo de remoção mecânica das cerdas e flambagem manual e finalmente por um processo de remoção do ouvido médio, das pálpebras e dos cascos, concluindo as etapas na zona suja. Na área chamada zona limpa, a carcaça passa por processos como evisceração, divisão longitudinal e, por fim, inspeção. Esses processos representados no fluxograma 1 geram resíduos sólidos e líquidos, como vísceras, sangue e graxarias que serão posteriormente submetidos a tratamento.



Fonte: Pacheco e Yamanaka (2006).

Além dos resíduos gerados pelo abate animal, o abatedouro também deve manter um alto padrão de higiene e limpeza, utilizando majoritariamente água, além de energia e outros produtos para auxiliá-los.

Segundo estudo redigido por Matthiensen (2014), toda água utilizada nos abatedouros/frigoríficos resultará em efluente, contendo elevados níveis de nitrogênio, fósforo, além de sais como nitratos, nitritos, cloretos, dextrose (todos utilizados no processo de cura), compostos aromáticos (provenientes de processos como a defumação de alguns produtos derivados da carne), além das variações de temperatura devido ao uso de água (quente e fria).

2.2 Efluentes

Até a década de 1970, não era tão importante conhecer as características dos dejetos provenientes das granjas, pois não prejudicava tanto o meio ambiente. Porém, com o desenvolvimento da suinocultura, cresceu também o volume de produção desses dejetos, trazendo um alerta para a busca do conhecimento de suas características, para que se avaliasse melhor suas consequências negativas de manuseio, projeto de sistemas de tratamento e disposição inadequada desses resíduos (MARCHI, 2010).

As características desses dejetos podem ser expressas por meio das propriedades biológicas, químicas e físicas. Nos dejetos líquidos encontramos matéria orgânica como o fósforo, cálcio, sódio, magnésio, ferro, zinco, cobre e elementos inseridos na dieta dos animais (FÁTIMA et al., 2009).

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é definida pela quantidade de oxigênio que é usada pelos microrganismos para decompor a matéria orgânica no meio aquoso por intermédio de processos bioquímicos. Assim, quando é identificada uma redução na concentração de oxigênio dissolvido no meio aquático, ali está acontecendo uma atividade bacteriana para decompor uma matéria orgânica, e quanto maior for o valor de DBO apontado, maior é a poluição orgânica (FEISTEL 2011; FÁTIMA et al. 2009).

A demanda química de oxigênio (DQO) avalia a quantidade de oxigênio usado para oxidar quimicamente a matéria orgânica e o inorgânico presente no

material. Não faz diferenciação entre matéria orgânica biodegradável ou não. Portanto, não está necessariamente relacionada com a DBO (ITABORAHY, 1999). A verificação dos valores da DQO presente nos efluentes é uma das mais importantes para determinar o nível de poluição da água. Essa análise mostra a quantidade de componentes oxidáveis presentes (VALENTE et al. 1997).

De acordo com Lucas Júnior, (1994), a quantidade de nitrogênio, fósforo e carbono nos resíduos é o maior responsável pela eutrofização dos cursos d'água, fenômeno que desenvolve expressivamente o desenvolvimento de plantas aquáticas com alta demanda de oxigênio, ao ponto de causar interferências ao uso do corpo d'água.

Na tabela 1 estão descritos, de acordo com alguns autores, os valores médios encontrados para DQO, DBO, N e P.

Tabela 1: Valores médios encontrados para DQO, DBO, N e P.

AUTORES	DQO	DBO	N	P
Moffitt (1999)	6,06 Kg/d/1000Kg	2,08 Kg/d/1000Kg	0,42 Kg/d/1000Kg	0,16 Kg/d/1000Kg
Merkel (1983)	-	0,2-0,25 Kg/d/1000Kg	0,032-0,064 Kg/d/1000Kg	0,025-0,037 Kg/d/1000Kg
Konzen (1983)	98,65 g/L	52,227 g/L	0,60%	0,25%
Fisher et al. (1983)	-	-	3706 mg/L	-
UNEP;DEPA;COWI (2000)	2500 mg/L	1250 mg/L	150 mg/L	25 mg/L

Fonte: Adaptado pelos autores

Levando em conta um abatedouro de suínos com porte médio, abatendo 500 suínos/dia e uma carga orgânica específica, nos efluentes líquidos, de 2,0kg DBO5/suíno, obtém-se o valor de 1500kg DBO5/dia. Sabendo que a carga orgânica específica média do esgoto doméstico é de 54g DBO5/pessoa dia, o equivalente populacional é de 18.519 pessoas.

A carga orgânica poluente diária seria proporcional àquela produzida por cerca de 18.519 habitantes, o que causa um impacto ambiental potencial significativo dos efluentes líquidos de um abatedouro (PACHECO e YAMANAKA, 2006).

2.3 Tecnologias de Tratamento

São vários os processos para o tratamento para os dejetos com alta concentração de matéria orgânica, como por exemplo os provenientes da criação de suínos. A escolha do processo a ser aderido dependerá de fatores como: características do dejetos (quantidade de dejetos e de nutrientes) e do local, operacionalização e recursos financeiros. O mais importante é que o tratamento atenda à legislação ambiental vigente (DIESEL, MIRANDA e PERDOMO, 2002). Vários fatores interferem no processo de tratamento de dejetos suínos, sendo eles ambientais ou referentes ao sistema de produção suinícola. Dentre eles podemos destacar a temperatura, e principalmente a quantidade de água presente nos dejetos suínos. Porém existem formas de manejo da produção que minimizam a quantidade de água nos dejetos, como as camas com maravalha, casca de arroz e outros materiais absorventes. Há também processos como a floculação, sedimentação, peneiramento e coagulação que separam a fase sólida da fase líquida, contribuindo também significativamente no Tempo de Retenção Hidráulica (TRH) do tratamento de efluentes líquidos (KUNZ et al., 2010).

A fase líquida, após a separação da fase sólida, ou os dejetos in natura, são na maioria das vezes tratados em Esterqueiras, Lagoas de Estabilização (LE) e Biodigestores. Já os processos de decomposição da fração sólida ocorrem geralmente em composteiras. No entanto, de acordo com Belli Filho et al. (2001), são inúmeras as maneiras que os dejetos suínos podem ser tratados, sendo que o sistema de tratamento não respeita uma ordem especificamente de tecnologias de tratamento, e que são função, especialmente, da disponibilidade financeira do produtor.

Para dejetos suínos com baixas concentrações de sólidos, são indicados sistemas anaeróbios de tratamento. Tais sistemas são mais eficientes quando ocorre a separação de sólidos, deixando o tratamento do efluente mais rápido, eficiente e econômico (RICO et al., 2006). Essa melhora ocorre devido ao isolamento da fração sólida que apresenta menor superfície de contato e estruturas mais difíceis para a decomposição. No entanto, após a separação, surge a necessidade de tratar a fração sólida dos dejetos.

Uma tecnologia muito difundida e que vem sendo muito utilizada é o biodigestor, que a partir de sua implementação possibilita a utilização de dejetos suínos para produção do biogás, viabilizando a redução da poluição dos solos e das águas, e minimizando a emissão de metano (CH₄) para a atmosfera. Dessa forma, o tratamento dos dejetos por meio dessa tecnologia possui grandes vantagens, promovendo a estabilização da matéria orgânica e reduzindo os coliformes e a emissão de gases nocivos (BELLI FILHO et al., 2001).

Os autores Dotto e Wolff (2012) caracterizam o biodigestor anaeróbico com uma câmara fechada, onde o material orgânico inserido entra em decomposição devido à ausência de oxigênio molecular, gerando biogás e um efluente rico em nutrientes.

De acordo com os autores da Silva e do Amaral (2013), a utilização de reatores anaeróbios de fluxo ascendente de alta eficiência (UASB - Upflow Anaerobic Sludge Blanket) se mostra um método eficaz no tratamento de efluentes e é amplamente empregado no setor suinícola. Esse reator possui um separador de fases: zona de digestão (inferior), onde há a formação de lodo que é responsável pela digestão anaeróbia, e zona de sedimentação (superior).

Outras tecnologias de tratamento, como as lagoas facultativas, abrangem dois processos de tratamento: anaeróbico (ausência de oxigênio), concentrando-se no fundo da lagoa, e aeróbico (atuação de microrganismos que dependem de oxigênio), ocorrendo na parte mais superficial. Na zona anaeróbia no fundo da lagoa, há a formação de lodo, que, posteriormente, sofre decomposição, gerando componentes como metano, gás carbônico e outros; já na zona aeróbia, a matéria orgânica presente passa por um processo de oxidação e há fotossíntese realizada pelas algas (MEDRI, 1997; IERVOLINO, 2019).

3. METODOLOGIA

3.1 Coleta de Dados

O presente trabalho baseou-se em uma revisão bibliográfica, desenvolvida por meio da utilização de artigos científicos referentes ao conteúdo abordado. Ao

decorrer do desenvolvimento da pesquisa, utilizaram-se obras de diversos autores para descrever as características dos dejetos, processo de produção, efluentes resultante e técnicas de tratabilidade. Os sistemas de tratamento abordados na coleta de dados foram estudados pelos seguintes autores descritos abaixo (tabela 2) para avaliar a viabilidade e possível sucesso de tratamento, levando em consideração tempo de retenção hidráulica (TRH) e taxa de remoção de poluentes, assim como comparação entre afluentes e efluentes provenientes da suinocultura. Os dados coletados referem-se a técnicas de tratamento biológico, promovendo sustentabilidade ao ambiente.

Tabela 2: Técnicas de tratamento de efluentes e tempo de retenção hidráulica.

AUTOR	TÉCNICAS DE TRATAMENTO	TRH (horas)
Medri (1997)	Lagoas de estabilização	3.000
Campos et al. (2005)	TAE, Reator UASB e lagoa aerada facultativa	30
Pereira, Campos e Moterani (2010)	CRA, PE, TAE, RAC, reator UASB e decantador	9,7
Rodrigues et al. (2010)	Decantador e reator UASB	37,2

TAE = Tanque de Acidificação e Equalização; CRA = Caixa de areia; PE = Peneira estática; RAC = reator anaeróbio compartimentado.

Fonte: Adaptado pelos autores.

3.2 Caracterização – Efluente bruto e efluente tratado.

Os efluentes brutos que serão analisados no decorrer deste trabalho são provenientes de propriedades rurais de criação de suínos, envolvendo setores de creche, recria e terminação da suinocultura. Para critérios de comparação, os dados serão tabulados e analisados, utilizando os valores médios referentes à demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio (N) e fósforo (P). Os autores Medri (1997) e Pereira, Campos e Moterani (2010) possuem todos os parâmetros em comum. Portanto, esses serão analisados entre si; já para os autores Campos et al. (2005) e Rodrigues et al. (2010), apenas os parâmetros de DBO e DQO serão levados em consideração.

3.3 Comparativo da Tratabilidade

A partir da organização dos resultados, será observado a porcentagem de remoção de cada tratamento abordado por meio da comparação entre afluente e efluente, levando em consideração o tempo de retenção hidráulica e atendimento às normas ambientais (Resolução CONAMA nº430/11) para avaliar a eficiência e aplicabilidade do tratamento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da análise do efluente bruto e efluente tratado e seus respectivos parâmetros descritos na Tabela 2, foi possível obter dados referentes à taxa de remoção de poluentes orgânicos por meio do tratamento biológico, posteriormente demonstrados na Tabela 3.

Tabela 3: Análise dos parâmetros dos efluentes bruto e tratado.

AUTORES	DBO (mg.L ⁻¹)		DQO (mg.L ⁻¹)		N (mg.L ⁻¹)		P (mg.L ⁻¹)	
	Efluente bruto	Efluente tratado	Efluente bruto	Efluente tratado	Efluente bruto	Efluente tratado	Efluente bruto	Efluente tratado
Medri (1997)	11.979	213	21.647	355	2.205	173	633	26
Campos et al. (2005)	838	168	1.755	379	-	-	-	-
Pereira, Campos e Moterani (2010)	707	317	2.705	1.849	69	63	1,07	1,11
Rodrigues et al. (2010)	11.100	800	31.300	1.800	-	-	-	-

Fonte: Adaptado dos autores

O método utilizado por Medri (1997) para o tratamento primário aplicado ao efluente bruto ocorreu por decantação de palhetas, que possui a função de diminuir a carga orgânica líquida dos dejetos e concentrar sua parte sólida para utilização como fertilizante posteriormente e evitando consequentemente o assoreamento das lagoas. De acordo com a pesquisa documentada pelo autor, as altas cargas de DBO, DQO, N e P no efluente bruto devem-se à origem dos dejetos, provenientes de uma instalação suinícola de sistema de produção, alimentado por uma granja de suínos contendo 1950 animais distribuídos nas fases de amamentação, crescimento, engorda e terminação. Os efluentes brutos gerados nessas fases são altamente concentrados.

Na pesquisa redigida por Campos et al. (2005), os dejetos suínos (urina, água de limpeza de confinamento e estrume) são coletados sem tratamento preliminar e inseridos no TAE. Por se tratar de uma pesquisa em escala laboratorial, foram utilizados resíduos em pouca quantidade. As alterações na DBO e DQO devem-se à composição dos dejetos, e sua diluição. O sistema também apresentou variações de pressão devido à altura da coluna d'água do sistema de armazenamento, afetando os resultados dos parâmetros analisados.

Os autores Pereira, Campos e Moterani (2010) utilizaram efluentes brutos provenientes de um sistema de criação animal voltados à terminação da suinocultura. Os autores constataram que o pré-tratamento biológico, peneira estática, tanque de acidificação e equalização e reator anaeróbio compartimentado foram fundamentais para consolidar um lodo granular para um bom funcionamento do reator UASB. Todavia, devido às adversidades constatadas pelos autores como chuvas, entupimento de bombas e problemas na manutenção, acarretaram a alteração na carga do efluente antes que entrasse no reator, resultando em eficiências de remoção menores.

De acordo com Rodrigues et al. (2010), o sistema analisado foi construído em escala real (decantador e reator UASB), projetado para suportar os resíduos provenientes dos setores de creche, recria e terminação da suinocultura. Os autores constataram que houve grandes variações do efluente bruto durante o estudo, fator que pode estar relacionado ao manejo da granja, ausência de padronização da limpeza dos galpões, além da temperatura, que quando elevada pode acarretar o aumento do consumo de água pelos suínos e na utilização para higienização das granjas. Além disso, a alta concentração de sólidos no efluente bruto também afeta os valores médios de DBO. Por se tratar de um projeto que propõe o tratamento de grandes quantidades de resíduos, conclui-se que os valores encontrados na Tabela 3 condizem com a carga de efluente bruto tratada. De acordo com o exposto, é importante ressaltar e propor um sistema de equalização para os efluentes, que consiste na homogeneização da carga, promovendo inibição da variação nos parâmetros de qualidade como pH, vazão etc.

A partir da análise de DBO, DQO, N e P entre os efluentes brutos e tratados, obtém-se a taxa de remoção da poluição apresentados na Tabela 4:

Tabela 4: taxa de eficiência na remoção de DBO, DQO, N e P.

AUTORES	% DE REMOÇÃO			
	DBO (mg. L ⁻¹)	DQO (mg. L ⁻¹)	N (mg. L ⁻¹)	P (mg. L ⁻¹)
Medri (1997)	98%	98%	92%	96%
Campos et al. (2005)	75%	78%	-	-
Pereira, Campos e Moterani (2010)	55%	32%	8,60%	-
Rodrigues et al. (2010)	92%	93%	-	-

Fonte: Adaptado dos autores

A obtenção de bons resultados nas taxas de remoção documentados por Medri (1997) consiste na utilização de diversas lagoas em série para obtenção do efluente final, que passaram pela decantação, e foram encaminhados para um equalizador, decantador, duas lagoas anaeróbia seguidas, lagoa facultativa e lagoa de aguapés, potencializando os resultados do tratamento, uma vez que em cada lagoa havia a degradação da DBO, DQO, N e P.

Analisando os autores Campos et al. (2005), houve uma taxa de remoção eficiente, entretanto, ao se comparar a outros autores analisados anteriormente, que obtiveram taxas de remoção acima de 90%, constata-se que tratando-se de um experimento em escala laboratorial, as taxas de remoção, assim como os valores médios dos parâmetros utilizados, são mais baixas. Os autores não relataram empecilhos ou adversidades durante o período da pesquisa.

Os resultados obtidos por Pereira, Campos e Moterani (2010) foram afetados por adversidades constatadas pelos autores, como chuva durante o processo de pesquisa e coleta de dados, afetando negativamente seu resultado, pois alteraram a carga biológica do efluente, tornando-o, por exemplo, mais diluído.

Por fim, analisando os autores Rodrigues et al. (2010), nota-se que os excelentes resultados obtidos na remoção de indicadores de poluentes devem-se ao fato do pleno funcionamento do método adotado para tratamento. Os contratemplos constatados não afetaram significativamente o efluente obtido ao fim do estudo.

O autor Sato (2013) realizou uma análise de tratamento de esgoto doméstico por meio de um reator anaeróbio (UASB) compartimentado. Como resultado, obteve-se uma taxa de remoção de DBO e DQO 78% e 80% respectivamente, tendo valor médio da DQO do efluente de 166 mg. L-1, e o DBO variou entre 28 e 112 mg. L-1, obtendo uma média de 70 mg. L-1. De acordo com a Resolução Conama nº 430/11, utilizando a DBO como parâmetro, nota-se que o valor obtido pelo autor se encontra dentro dos padrões estabelecidos para lançamento de efluentes de esgoto doméstico, prevendo valor máximo de 120 mg. L-1, podendo esse valor ser ultrapassado se obtiver remoção mínima de 60%. Consequentemente, comparando o mesmo método de tratamento com reator UASB em efluentes distintos. Campos et al. (2005), Rodrigues et al. (2010) – efluentes suínos e Sato (2013) – efluentes de esgoto doméstico, ambos comprovam eficiência do método em relação a enquadramento na legislação ambiental referente ao descarte em corpos hídricos.

A partir da tabulação de dados da remoção de Nitrogênio (N) total e Fósforo (P), constata-se que o estudo redigido por Medri (1997) obteve alta taxa de remoção de N total (98%), e os autores Pereira, Campos e Moterani (2010) obtendo (8,60%). Não se enquadram na Resolução Conama nº430/11, pois a legislação relaciona o nitrogênio na forma amoniacal, prevendo 20 mg. L-1.N para despejo em corpos receptores, além de não prever parametrização da concentração de fósforo.

De acordo com a Resolução Conama nº430/11 (art. 16) referente ao lançamento direto de efluentes de qualquer fonte poluidora em corpos receptores, deve obedecer ao padrão da demanda bioquímica de oxigênio (DBO5 dias a 20°C), com remoção mínima de 60% de carga orgânica, sendo que esse valor só poderá ser reduzido diante da existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico, que possa comprovar que as metas de enquadramento estão sendo atendidas. Diante do exposto, segundo resultados obtidos por Medri (1997), Campos et al. (2005) e Rodrigues et al. (2010), obteve-se eficiência na taxa de remoção de DBO, atendendo aos parâmetros necessários para obedecer a legislação ambiental vigente. Os autores Pereira, Campos e Moterani (2010) não obtiveram taxa de remoção mínima para se enquadrar à legislação.

Avaliando a pesquisa realizada por Medri (1997), o tempo de retenção hidráulica no tratamento a partir de lagoas de estabilização em série é discrepante em comparação a outros tipos de tratamento, tornando-o inviável em grande escala. Todavia, a partir da análise de outras técnicas de tratamento envolvendo predominantemente reatores UASB, obtiveram-se bons resultados nas taxas de remoção além de TRH menores.

Ao finalizar as análises de dados das bibliografias citadas, conclui-se que os resultados obtidos pelos autores foram esperados e previstos, pois eles utilizam outras bibliografias anteriormente publicadas para parametrização dos resultados. Avaliando as técnicas de tratamento abordadas, sendo elas: lagoas de estabilização e reator UASB como tratamento principal (apesar de passarem por outras etapas antes da entrada do efluente no reator), nota-se que a maior eficiência de remoção é proveniente do trabalho exposto por Medri (1997), entretanto não é um tratamento fortemente aplicado em níveis industriais de alta produção, por demandarem uma área extensa e elevado tempo de retenção hidráulica, tornando-se um tratamento lento, dependendo exclusivamente da ação dos microrganismos presentes para realizar a degradação da carga orgânica. Já na pesquisa realizada por Rodrigues et al. (2010), obtiveram-se altas taxas de remoção, e baixo TRH, tornando-se um tratamento viável e conseqüentemente mais prático, visto que o reator UASB é compacto e promove economia de espaço e tempo, pois possui maior vazão.

5. CONCLUSÃO

A suinocultura se mostrou uma atividade economicamente importante para o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) do país, gerando emprego, renda e aquecimento do mercado. Porém, com a produção em larga escala, além dos benefícios econômicos, trouxe também uma grande preocupação com os impactos ambientais gerados. Uma grande urgência em promover estudos dos efluentes veio à tona para trazer formas de minimizar os impactos ambientais por meio de prevenções, tratamentos e reutilização.

Medri (1997) obteve resultado satisfatório relacionado a DBO, apresentando 98% de remoção a partir do tratamento por lagoas de estabilização; Rodrigues

et al. (2010) e Campos et al. (2005), obtiveram 92% e 75% de remoção de DBO respectivamente, a partir do tratamento por reator UASB, alcançando a eficiência exigida pela Resolução Conama nº 430/11, que estipula remoção mínima de 60%. Medri (1997) e Pereira, Campos e Moterani (2010) avaliaram valores de N total, entretanto o valor previsto pela norma ambiental anteriormente citada refere-se ao N na forma amoniacal, portanto não se enquadra para critérios de comparação. A resolução Conama apresentada para parametrização de eficiência nos tratamentos propostos não prevê valores para DQO e P, apesar da boa taxa de remoção obtida pelo autor Medri (1997) - 98% e 96%, respectivamente -, e pelos autores Campos et al. (2005) - 78% e Rodrigues et al. (2010) - 93%, que utilizaram apenas valores de DQO (parâmetro que propõe oxidação da matéria orgânica presente no efluente por meio de um agente químico).

Em conclusão, pode-se ressaltar que o reator UASB apresenta resultados satisfatórios, tornando-se viável para aplicação tanto em escala industrial quanto em propriedades de pequeno porte, pois foi projetado para suportar o alto índice de resíduos provenientes de setores da indústria (matadouro, beneficiamento de carne), mas também de creches e criações suínolas, além de apresentar TRH baixo documentado pelos autores Campos et al. (2005), Pereira, Campos e Moterani (2010) e Rodrigues et al. (2010) de 30, 9,7 e 37,2 horas, respectivamente. O método abordado por Medri (1997) não é recomendado para tratamento com alta carga de dejetos devido ao elevado tempo do procedimento, trabalhando com TRH em torno de 3.000 horas e demanda extensas áreas para implementação.

Para o desenvolvimento de futuros trabalhos relacionados às características físico-químicas e tratamentos dos dejetos suínos, atendendo as normas e alcançando a redução nos impactos ambientais, recomenda-se um embasamento em mais autores que utilizaram os mesmos sistemas de tratamentos, busca por artigos que apresentem mais dados para se ter uma melhor interpretação e comparação dos dados e mais parâmetros como outras características dos efluentes.

REFERÊNCIAS

BELLI FILHO, P.; CASTILHOS Jr, A. B.; COSTA, R. H. R.; SOARES, S. R., PERDOMO, C. C. Tecnologias para o tratamento de dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.1, p.166-170, 2001.

Brasil é o quarto maior produtor de grãos e o maior exportador de carne bovina do mundo, diz estudo. EMBRAPA - **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/62619259/brasil-e-o-quarto-maior-produtor-de-graos-e-o-maior-exportador-de-carne-bovina-do-mundo-diz-estudo>. Acesso em: 15 set. 2021.

BRASIL. **Resolução nº 430**, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Diário Oficial da União, 2011.

BRILHANTE, Ogenis Magno; CALDAS, Luiz Querino de A. **Gestão e avaliação de risco em saúde ambiental**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 1999.

CAMPOS, Cláudio Milton Montenegro et al. Avaliação do potencial de produção de biogás e da eficiência de tratamento do reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) alimentado com dejetos de suínos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 848-856, 2005.

DA SILVA, Pablo Costa; DO AMARAL, Atanásio Alves. Tratamento de dejetos suínos com biorreator UASB. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 8, n. 5, p. 141-147, 2013.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos**. Porto Alegre: Embrapa Suínos e Aves, 2002.

DOTTO, R. B.; WOLFF, D. B. Biodigestão e produção de biogás utilizando dejetos bovinos. **Ciências Naturais e Tecnológicas**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 13-26, 2012.

FEISTEL, Janaina Costa. **Tratamento e destinação de resíduos e efluentes de matadouros e abatedouros**, 2011.

FERNANDES, D. M. **Biomassa e biogás da suinocultura**. 2012. 211f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2012.

FISHER JR, Iannotti EL, Fulhage CD (1983) Production of methane gas from combinations of wheat straw and swine manure. **Transactions of the ASAE**, 26:546-548.

GOMES, M. F. M. **As cadeias agroindustriais da carne**. In: BDMG (Org.). Minas Gerais do século XXI, v. 4. Belo Horizonte: BDMG, 2002. p. 129-183.

GUIMARÃES, Diego Duque et al. **Suinocultura: Estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no Brasil e no mundo e o apoio do BNDES**. 2017.

IERVOLINO, Luiz Fernando. Lagoas de estabilização. **Portal tratamento de água**, 2019. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/lagoas-estabilizacao/>. Acesso em: 16 set, 2021.

KONZEN EA (1983) **Manejo e utilização de dejetos de suínos**. Concórdia - EMBRAPA-CNPISA. (Circular Técnica, 6), 32p.

- KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R; BORTOLI, M. Separação sólido líquido em efluentes da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.11, p.1220-1225, 2010
- LUCAS D. S. et al. Técnicas de abate. In: Associação Brasileira dos Criadores de Suínos (Coordenação editorial). **Manual de Industrialização dos Suínos**. Brasília, DF: Associação Brasileira dos Criadores de Suínos, p.111-127, 2014
- MACHADO N.S., SILVA J.N., OLIVEIRA M.V.M., COSTA J.M., BORGES A.C. **Remoção do sulfeto de hidrogênio do biogás da fermentação anaeróbia de dejetos de suínos utilizando óxido de ferro, hidróxido de cálcio e carvão vegetal**. Rev. Energ. Agric. 2015.
- MARCHI, BRUNO. **Disposição de efluentes de suínos em solo: estudo de caso**, 2010,
- MATTHIENSEN, A. et al. Manejo e tratamento de água e efluentes em abatedouros/frigoríficos. In: Associação Brasileira dos Criadores de Suínos (Coordenação editorial). **Manual de Industrialização dos Suínos**. Brasília, DF: Associação Brasileira dos Criadores de Suínos, p.269-292, 2014.
- MEDRI, Waldir et al. **Modelagem e otimização de sistemas de lagoas de estabilização para tratamento de dejetos suínos**, 1997.
- MERKEL JA (1981) **Managing livestock wastes**. Connecticut: AVI Publishing. 419p.
- MOFFITT D (1999) Waste management and recycling organic matter. In: CIGR Handbook of agricultural engineering. **Animal Production and Aquacultural Engineering**. St. Joseph, ASAE, 2: 163-196.
- PACHECO, José Wagner Faria; YAMANAKA, Hélio Tadashi. **Abate de bovinos e suínos**. Guia técnico ambiental, CETESB. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wpcontent/uploads/sites/20/2013/11/abate.pdf>>. Acesso em: 16 set, 2021.
- PEREIRA, Erlon Lopes; CAMPOS, Cláudio Milton Montenegro; MOTERANI, Fabrício. Avaliação do desempenho físico-químico de um reator UASB construído em escala piloto na remoção de poluentes de efluentes de suinocultura. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 5, n. 1, p. 79-88, 2010.
- RICO, J. L.; GARCIA, H.; RICO, C.; TEJERO, I. Characterization of solid and liquid fractions of dairy manure with regard to their component distribution and methane production. **Bioresource Technology**, v.98, n.5, p.971-979, 2006.
- RIZZONI, L.B.; TOBIAS, A.C.T.; DEL BIANCHI, M.; GARCIA, J. A. D. Biodigestão anaeróbia no tratamento de dejetos de suínos. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v.9, n.18, p.1-20, 2012.
- RODRIGUES, Luciano S. et al. Avaliação de desempenho do reator UASB no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 94-100, 2010.
- RODRIGUES, R. O agronegócio brasileiro é um caso de sucesso. **Revista de Política Agrícola**, v. 15, n. 1, p. 3-4, 2006.
- ROBIN, Paul et al. **Reference procedures for the measurement of gaseous emissions from livestock houses and storages of animal manure**. Final Report, ADEME, FR, april, 2010. 260 p. (Contrat N. 0674C0018)
- SAMPAIO, C.A.P., NÁAS, I.A., **Uma visão sobre a qualidade do ar em edificações para suínos**, 2012.
- SARCINELLI, Miryelle Freire; VENTURINI, Katiani Silva; SILVA, LC da. **Produção de suínos-tipo carne**. Boletim Técnico, UFES. Disponível em:<

http://www.agais.com/telomc/b00507_carne_s_uinotipocarne.pdf>. Acesso em: 15 Set. 2021, v. 18, 2007.

SARDÁ, L. G.; HIGARASHI, M. M.; MULLER, S.; OLIVEIRA, P. A.; COMIN, J. J. Redução da emissão de CO₂, CH₄ e H₂S através da compostagem de dejetos suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.9, p.1008-1013, 2010.

SATO, Cibele Midori. **Avaliação do desempenho de um reator anaeróbio compartimentado no tratamento de esgoto doméstico**. 2013. 109 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/115840>>. Acesso em: 25 out, 2021.

SCARASSATI, Deividy et al. **Tratamento de efluentes de matadouros e frigoríficos**. Fórum de Estudos Contábeis, v. 3, p. 2003, 2003.

SILVA, T. et al. **Avaliação e tratamento de efluente de suinocultura - estudo de caso no município de Marabá-Pará**. Curitiba, 2019.

SOTO F.R.M., COELHO C.P., BENITES N.R., BONAMIN L.V., MELVILLE P.A. **Elimination of E. coli from piglet carcasses using an on-farm composting system**. Vet Rec. 2010;166(18):564-5.

SOUZA C.F., SANTOS C.R., CAMPOS J.A., MOGAMI C.A., BRESSAN W.S. **Potencial de dejetos suínos como substrato na biodigestão anaeróbia sob efeito de diferentes temperaturas e tempos de retenção hidráulica**. Rev Ceres. 2005.

SUNADA N.S., ORRICO A.C.A., ORRICO Júnior M.A.P., CENTURION S.R., OLIVEIRA A.B.M., FERNANDES A.R.M., et al. **Compostagem de resíduo sólido de abatedouro avícola**. Cienc. Rural. 2014;45(1):178-83.

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME; DEPA – DANISH ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY; COWI **Consulting Engineers and Planners AS, Denmark. Cleaner production assessment in meat processing**. Paris: UNEP, 2000. Disponível em <http://www.agrifood-forum.net/publications/guide/index.htm>

VALENTE, J. P. S, PADILHA, P. M., SILVA, A. M. M. DA. **Dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD) and chemical oxygen demand (COD) as pollution parameters in the Lavapés/Botucatu - SP brook**. Ecl. Quím. (São Paulo), v.22, p.49-66, 1997.

WOLFF, L. F. B. Gestão Ambiental na Suinocultura. 23-28 p. In: Pieper, N. A. (coord.) **Controle da contaminação ambiental decorrente da suinocultura no Estado do Rio Grande do Sul: Manual Técnico**. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. 2 ed. Porto Alegre: SEMA, 2006. v. 1.