



Tecnologias e sistemas de tratamento para os dejetos da suinocultura

Technologies and treatment systems for pig farming waste

Leandro D. dos Santos¹, Sergio F. Mayerle², Lucila M. de S. Campos³

Resumo: A suinocultura caracteriza-se como uma atividade de alto impacto ambiental, devido a grande quantidade de dejetos com alta carga de poluentes, lançados no meio ambiente. No entanto, existem diversas tecnologias, e sistemas de tratamento, com a capacidade de reduzir o poder poluente dos dejetos da suinocultura. O presente trabalho tem como objetivo analisar as principais tecnologias e sistemas de tratamentos para os dejetos da suinocultura, presentes em publicações brasileiras. Os resultados obtidos nestas publicações apresentaram-se de certa forma satisfatórios em relação à redução da carga de poluentes dos efluentes da suinocultura. Entretanto, pouco se sabe sobre o comportamento da redução dos poluentes em função de parâmetros dimensionais e temporais das tecnologias ou dos sistemas de tratamento. Tal desconhecimento dificulta o dimensionamento de sistemas de tratamento, desconsiderando a relação existente entre investimento e redução do poder poluente dos dejetos. Dentro deste contexto, a modelagem e otimização de sistemas pode ser uma ferramenta muito útil para o dimensionamento de tecnologias e sistemas de tratamento de dejetos de suínos.

Palavras-chave: suínos, poluição, otimização

Abstract: Swine production is characterized as an activity of negative environmental impact, due to the large amount of waste with high load of pollutants released into the environment. However, there are several technologies and treatment systems, with the ability to reduce the polluting power of pig farming waste. This study aimed to analyze the key technologies, and treatment systems for pig farming waste, used in Brazilian papers. In terms of the reduction of pollutant load of swine wastewater, these papers provided satisfactory results. However, little is known of the behavior of reducing pollutants in terms of dimensional and temporal parameters of treatment technologies or systems. This lack of knowledge increases the difficulty to configure treatment disregarding investments aimed to reduce the power of polluting waste. Within this context, modeling and optimization systems can be a very useful tool for the design of technologies and treatment of swine manure systems.

Key words: swine, pollution, optimization

*Autor para correspondência

Recebido em 05/09/2014 e aceito em 10/12/2014

¹Mestrando em Engenharia da Produção – Universidade Federal de Santa Catarina, CEP 88034-001 – Florianópolis, SC – Brasil, Telefone: (48) 3721-7098. Email: leduartasantos@yahoo.com.br

²Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção – Universidade Federal de Santa Catarina, CEP 88034-001 – Florianópolis, SC – Brasil, Telefone: (48) 3721-7036. Email: sergio.mayerle@ufsc.br;

³Professora Permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção – Universidade Federal de Santa Catarina, CEP 88034-001 – Florianópolis, SC – Brasil, Telefone: (48) 3721-7025. Email: lucila.campos@ufsc.br

INTRODUÇÃO

O crescimento da população, a urbanização e o aumento da renda nos países desenvolvidos, e em desenvolvimento, contribui para um incremento no consumo de alimentos de origem animal em todo o mundo. Paralelamente a este aumento da demanda, a oferta se ajusta mediante o aumento do número de animais por área, o que implica em impacto ambiental altamente negativo, especialmente quando a atividade é extremamente poluidora, como a suinocultura. Tanto que, em 1997, o estado americano da Carolina do Norte precisou declarar moratória para novas instalações suinícolas, em virtude de preocupações públicas referentes ao excesso de dejetos da suinocultura (DSs) (ANEJA et al., 2008). As maiores preocupações ambientais relacionadas à suinocultura referem-se à contaminação dos solos, lenções 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). Entretanto as tecnologias, e sistemas para reduzir o poder poluente dos DSs avançam continuamente, através de pesquisas, contribuindo, desta forma, para a melhoria da qualidade dos efluentes da suinocultura. De acordo com Belli Filho et al. (2001), são diversas as formas de manejo dos dejetos que reduzem sua carga de poluentes minimizando a Demanda Química por Oxigênio (DQO), Demanda Biológica de Oxigênio (DBO), entre outros indicadores. Belli Filho et al. (2001), listou em seu trabalho tecnologias contemporâneas a data de publicação, no entanto pesquisas mais recentes apontam novas tecnologias e sistemas para tratar os DSs. Neste trabalho são apresentadas as principais tecnologias e sistemas de tratamento dos DSs, publicadas em periódicos brasileiros, com o objetivo de contribuir para a sustentabilidade da suinocultura brasileira.

TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO ADOTADAS NA REDUÇÃO DO PODER POLUENTE DE DEJETOS DE SUÍNOS

Vários fatores influenciam no processo de tratamento de DSs, sendo eles ambientais ou referentes ao sistema de produção suinícola. Dentre eles podemos destacar a temperatura, e principalmente a quantidade de água presente nos DSs. 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 afluentes líquidos (KUNZ et al., 2010).

A fase líquida, após a separação da fase sólida, ou os dejetos in natura, são geralmente 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 DSs 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. No presente capítulo

são apresentadas as principais tecnologias de tratamento dos DSs utilizadas no Brasil.

Criação de suínos em camas sobrepostas

A criação de suínos em camas sobrepostas surgiu com alternativa à redução do volume dos dejetos produzidos na granja, que conseqüentemente minimiza a poluição ambiental. O princípio consiste num revestimento do piso da granja por material poroso (maravalha, casca de arroz, etc.) com altura média de 0,5 m, que absorve os dejetos, reduzindo assim seu volume, e facilitando o manejo dos DSs. A cama sobreposta pode ser mantida por até 18 meses, embora haja autores que afirmam que o tempo varia de acordo com as condições climáticas, e regime de alimentação dos porcos (KUNZ et al., 2010).

Segundo Paulo et al. (2009), a utilização de cama sobrepostas além de evitar a limpeza frequente das baias, reduzindo o consumo de água, diminui a emissão de amônia (NH₃) comparado com o piso de concreto, e ainda facilita o processo de decomposição da matéria orgânica. Outro fator relevante é a possibilidade da utilização do composto (cama + dejetos) como adubo orgânico simples (HIGARASHI et al., 2008).

Corrêa et al. (2008), verificaram que a altura da cama não apresenta influência significativa nas condições ambientais da granja.

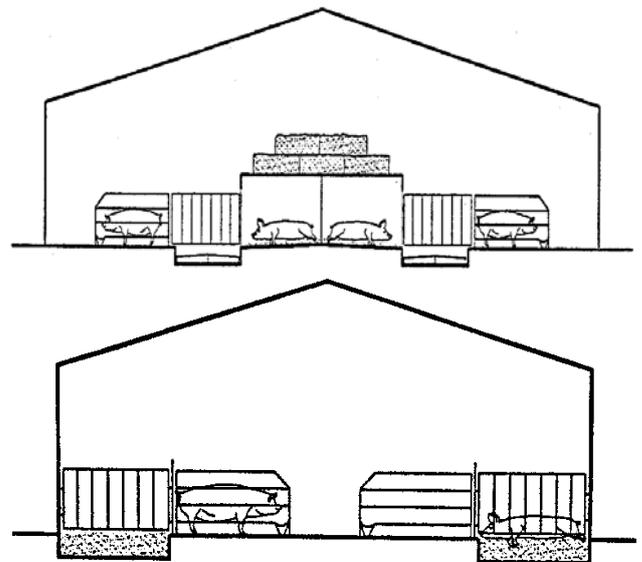


Figura 1. Esquema de instalações para criação de suínos com camas biológicas, fonte: Belli Filho et al. (2001)

Esterqueiras

As esterqueiras representam uma maneira simples e rudimentar, porém eficiente no armazenamento in natura, e na redução do poder poluente dos DSs. Após a permanência nas esterqueiras os DSs são geralmente utilizados como fertilizante, salvo raros casos, nos quais são encaminhados para lagoas de estabilização.

No estudo de Santos et al. (2007), a utilização de esterqueiras reduziu a carga poluente dos DSs, especialmente entre o 30º e 60º dia. No entanto não houve remoções de nitrogênio amoniacal por nitrificação/desnitrificação, e nem redução de Número Mais Provável (NMP) de coliformes. Já Diesel et al. (2002), afirmaram que, embora haja redução do

poder poluente dos DS, o armazenamento dos dejetos em esterqueiras geralmente não cumpre com os parâmetros exigidos pela legislação ambiental para o lançamento em cursos de água. Outro fator importante é a grande quantidade de *E. coli*, que pode conter nos resíduos tratados em esterqueiras. Estas bactérias podem adquirir grande resistência, devido às altas quantidades de antibióticos ingeridos pelos animais. Esta resistência das bactérias pode vir a ser um novo parâmetro de impacto ambiental a ser avaliado (SILVA et al., 2008).

Lagoas de estabilização

Lagoas de estabilização apresentam-se como uma boa alternativa para o tratamento dos dejetos de suínos. Tais lagoas apresentam baixos custos econômicos, embora ocupem grandes áreas. Segundo Pearson et al. (1995), as lagoas de estabilização são classificadas de acordo com sua atividade metabólica predominante na degradação da matéria orgânica. No presente trabalho abordaremos as lagoas mais utilizadas no Brasil, sendo elas as lagoas anaeróbicas, facultativas, de maturação e de aguapés. As taxas de redução de indicadores de poluição para cada lagoa não foram abordadas no presente item, levando em consideração que oscilam muito conforme a combinação dos sistemas de tratamentos dos DSs.

Lagoas anaeróbicas são caracterizadas pelo não uso de oxigênio no processo de fermentação metânica e digestão ácida da carga dos poluentes, por intermédio de bactérias anaeróbicas. Geralmente estas lagoas são isoladas por uma fina película, que evita a entrada de oxigênio. Já para as lagoas facultativas ocorre a incorporação de oxigênio, predominando processos aeróbicos na parte superior, e anaeróbicos na parte inferior, para a redução de poluentes dos DSs (MEDRI, 1997).

As lagoas de maturação são sistemas de pós-tratamento, recebem afluentes com a DBO praticamente já estabilizada, e tem como principal objetivo a remoção de patogênicos, bem como nitrogênio e fósforo (MEDRI, 1997).

As lagoas de aguapés são revestidas por plantas aquáticas, aguapés (*Eichornia crassipes*), e proporcionam bom desempenho na remoção de nutrientes dos DSs, no entanto, pecam na redução da DBO (BARTHEL, 2007). Segundo Gonçalves Jr et al. (2008) a *Eichornia crassipes* possui bom potencial para a remoção de metais pesados, como cádmio, chumbo e cromo, dos DSs.

Compostagem

Para DSs com baixas concentrações de sólidos são indicados sistemas anaeróbicos de tratamento. Tais sistemas são mais eficientes quando ocorre a separação de sólidos, deixando o tratamento do afluente mais rápido, eficiente e econômico (RICO et al., 2006). Esta 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 DSs.

A compostagem, um processo predominantemente aeróbico, aparece como uma boa alternativa para o tratamento da fração sólida dos dejetos (OLIVEIRA, 2004). Serpa et al. (2013), verificaram que o processo de compostagem está associado à integração e ao equilíbrio dos seguintes fatores: umidade, percolação e temperatura.

Segundo Orrico et al. (2009), a compostagem foi eficaz no tratamento da fração sólida da água residuária de suinocultura, com reduções de 71,24% nos teores de Sólidos Totais (ST), 64,55% no volume, 56,89% no teor de DQO e 56,89% na Matéria Orgânica Complexada (MOC). Foram também verificadas reduções de 100% nos NMP de coliformes totais e termotolerantes, o que torna possível seu uso como adubo orgânico.

A compostagem pode ser implementada não só após a separação da fase líquida da sólida, mas também através da incorporação de substratos na fase líquida dos DSs. Pra et al. (2008), em experimento realizado em granjas no nordeste do Rio Grande do Sul, verificaram que a compostagem dos DSs acrescido de serragem, maravalha, ou cama de aviário apresentou uma redução significativa no volume final dos DSs, comparado ao tratamento in natura (esterqueira), além de um aumento no percentual de matéria seca para os dejetos (Tabela 1).

Tabela 1. Percentual médio de matéria seca (MS) dos dejetos, dos substratos e dos dejetos tratados de acordo com os tratamentos

Parâmetro	T1	T2	T3	T4
MS dos dejetos	2,52	2,52	2,52	2,52
MS dos substratos	73,54	88,96	83,47	-
MS dos dejetos tratados	61,89	52,72	44,4	2,14

T1 – substrato: serragem; T2 – substrato: maravalha; T3 – substrato: cama de aviário e T4 – sistema convencional de tratamento com esterqueira

Fonte: adaptado de Pra et al. (2008)

Reatores anaeróbico de manta de lodo (upflow anaerobic sludge blanket, UASB)

Os biodigestores de fluxo ascendente (UASB) apresentam bom desempenho, com baixo TRH, no tratamento de águas residuárias com pouco teor de sólidos, o que motiva a sua utilização no tratamento de dejetos de suínos, uma vez que os DS são extremamente diluídos (FERREIRA et al. 2001). Os reatores UASB apresentam simplicidade construtiva e de operação, e ainda produzem como subproduto o biogás que pode ser usado como fonte alternativa de energia. No Reator Anaeróbico de Manta de Lodo (UASB), o afluente entra por baixo e segue em fluxo ascendente, até o topo do Reator, atravessando três etapas: o leito de lodo, onde há muita biomassa ativa, logo após uma biomassa menos densa, chamada da manta de lodo e finalmente passa por um separador de três fases, onde há a separação dos sólidos em suspensão (lodo), do líquido e do biogás formado no tratamento (CHERNICHARO, 1997).

Urbinati et al. (2013), avaliaram o efeito do tempo de detenção hidráulica (TDH) e da DBO no desempenho de reatores UASB, em dois estágios, no tratando de águas residuárias de suinocultura. As eficiências médias de remoção de DBO variaram, no primeiro reator de 66,3 a 88,8%, já no segundo reator foram de 85,5 a 95,5%. O sistema inteiro (reator 1 + reator 2) teve remoção média da DBO de 93,4%, se apresentando como uma boa medida para a remoção do poder poluentes das águas residuárias da suinocultura.

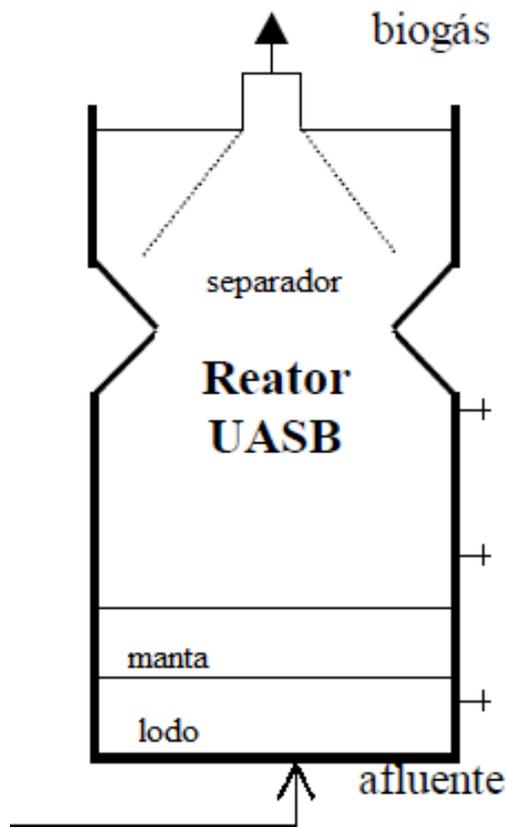


Figura 2: esquema de reator UASB, adaptado de Belli Filho et al. (2001)

Filtros orgânicos

A filtragem consiste na ação mecânica de separação dos sólidos, baseando-se no princípio de que um meio poroso pode reter impurezas de dimensões maiores que as dos poros da camada filtrante (BRANDÃO et al., 2003).

Magalhães et al. (2006a), realizaram um estudo para verificar o poder filtrante do bagaço da cana-de-açúcar e da serragem sobre as águas residuais da suinocultura. Os autores observaram que a remoção de sólidos em suspensão (SS) e de ST foram, respectivamente, de 90 a 99% e de 43 a 57%, quando utilizado filtros de serragem de madeira, e de 81 a 96% e de 50 a 56%, com filtros de bagaço de cana-de-açúcar. Notou-se também que a eficiência de filtragem aumentou com o passar do tempo, fruto da obstrução gradativa dos poros e pela retenção de sólidos das águas residuárias da suinocultura nas colunas filtrantes. Magalhães et al. (2006b), realizaram a compostagem de bagaço de cana-de-açúcar utilizado na filtragem de água residuária da suinocultura. Tal bagaço após compostagem apresentou concentração total segura de metais pesados, sob a ótica do uso na adubação de culturas agrícolas, desde que respeitados os critérios de taxa máxima de aplicação acumulativa.

Resumo sobre as tecnologias de tratamento dos dejetos de suínos

Cada tecnologia discutida anteriormente apresenta características especiais que se adaptam a realidades específicas. Para uma melhor visualização sobre as principais particularidades de cada tecnologia, encontradas na literatura brasileira, é conveniente analisar a Tabela 2 abaixo.

Tabela 2. Resumo das principais tecnologias de tratamento dos dejetos da suinocultura

Tecnologia	Característica do Dejeto	Vantagens	Desvantagens	Processo
Camas Sobrepostas	In natura	Evita limpezas frequentes das baias, reduzindo o consumo de água / Diminui emissão de amônio / Diminui a porcentagem líquida dos dejetos	Aumento significativo da matéria orgânica nas baias	-
Esterqueiras	In natura / Líquidos	Necessidade de estrutura simples / Baixos custos econômicos	Baixa redução da carga de poluentes / grande quantidade de E. coli	Aeróbico na superfície / Anaeróbico abaixo da superfície
Lagoas de Estabilização	In natura / Líquidos	Baixos custos econômicos	Ocupam grandes áreas	Aeróbico na superfície / Anaeróbico abaixo da superfície
Compostagem	Sólidos	Necessidade de estrutura simples / Baixos custos econômicos	-	Aeróbico
Reatores UASB	In natura / Líquidos	Baixo TRH / Possível aproveitamento do metano gerado na fermentação	Estrutura mais complexa / Não indicado para dejetos com grandes concentrações de sólidos	Anaeróbico
Filtros Orgânicos	In natura / Líquidos	Baixos custos econômicos	-	Filtragem mecânica

SISTEMAS DE TRATAMENTO DE DEJETOS DE SUÍNOS

Um sistema de tratamento de DSs consiste em uma configuração de tecnologias, entre a entrada do afluente e saída do efluente que reduzem o potencial de poluição dos DSs. No presente capítulo serão apresentados alguns sistemas de tratamento de DSs alvo de trabalhos científicos brasileiros, bem como uma tabela resumo comparando-os entre si (Tabela 3).

Ferreira et al. (2001), apresentaram resultados satisfatórios de redução do poder poluente de DSs. Em experimento realizado em Jaboticabal, com o sistema composto por caixa de carga, caixa reguladora de vazão e dois reatores UASB em série. O sistema reduziu a DBO dos dejetos em 88,4%, em 29,3% do P, e em 33,2% para o N. Houve também redução expressiva de Cu e Zn, com 87,8% e 90,0%, respectivamente. No entanto, as concentrações de Na não sofreram alterações significativas.

Carmo et al. (2004) e Campos et al. (2006), conduziram um experimento em laboratório, composto por um tanque de acidificação e equalização, um reator anaeróbico de manta de lodo UASB, e uma lagoa aerada facultativa para polimento. O sistema proporcionou remoção média de 93% de DQO, 69% de ST, 29% de Sólidos Totais Fixos (STF) e 85% de Sólidos Totais Voláteis (STV).

Medri & Medri (2004), criaram um modelo matemático de minimização de custos para tratamento de DSs, a partir de parâmetros coletados de três sistemas de lagoas, localizados no município de Concordia SC, onde a média de redução dos três sistemas era de 90% para DBO e 76% para o N.

Barthel et al. (2008), analisaram dois sistemas de tratamento, o primeiro denominado "A" composto por um equalizador, um decantador, duas lagoas anaeróbicas, uma lagoa de alga, e duas lagoas de maturação, tal sistema apresentou as seguintes remoções médias: DBO 95%, ST 60%, N 98%, P 97%. O sistema denominado "B" composto

por um equalizador, um decantador, duas lagoas anaeróbicas, uma lagoa de alga, uma lagoa de maturação, e uma lagoa de aguapé. Este sistema obteve as seguintes remoções médias: DBO 96%, ST 64%, N 97%, P 97%.

Vivian et al. (2010), analisaram a eficiência no tratamento de um sistema em Concordia SC, composto por um biodigestor, uma lagoa anaeróbica, uma facultativa e duas lagoas de maturação. Os resultados apontaram para a remoção de 98% da DBO, 89,8% de N, 98,6% de P, 98,7% de Cu, e 99,4% de Zn. A remoção de ST foi mencionada apenas para o biodigestor do sistema, que reduziu os ST em 24,16%.

Rodrigues et al. (2010), avaliaram um sistema composto por um decantador seguido por um reator UASB, localizado no município de Igarapé, MG. O sistema apresentou remoção de DBO e de ST de 92% e 88%, respectivamente.

Pereira et al. (2010), avaliaram o desempenho de um Reator Anaeróbico Compartilhado (RAC) seguido de um reator tipo UASB, localizados no Departamento de Zootecnia da UFLA, o sistema atingiu 77,8% de remoção da DBO dos DSs.

Duda & Oliveira (2011), realizaram um experimento em Jaboticabal para verificar um sistema de tratamento composto por um reator UASB, seguido por um filtro anaeróbico, um filtro percolador, e um decantador. Foram atingidas as seguintes remoções médias: DBO 98%, Sólidos Solúveis Totais (SST) 99%, N 78%, P 84%, Cu 99%, Zn 98%.

Araújo et al. (2012), obtiveram redução da DBO em 97%, 74% para o P, e 83% para N. O sistema analisado, localizado em Braço do Norte, SC, era composto por uma lagoa de decantação, lagoa anaeróbica, reator UASB, lagoa facultativa aerada e lagoa de maturação.

A tabela 3 abaixo apresenta um breve resumo dos trabalhos mencionados, contendo a composição do sistema de tratamento, bem como a porcentagem de remoção da DBO, P, N, ST, Cu e Zn.

Tabela 3. Resumo dos trabalhos contendo a composição dos sistemas e % de remoção de DBO, P, N, ST, Cu e Zn

Trabalho	Composição do Sistema	% de Remoção					
		DBO	P	N	ST	Cu	Zn
Ferreira et al. (2001)	CC, CRV, UASB, UASB	88	29	33	-	88	90
Carmo et al. (2004) Campos et al. (2006)	TAE, UASB, LAF	93	69	-	29	-	-
Medri & Medri (2004)	NI	90	-	76	-	-	-
Barthel et al. (2008) Sistema A	EQ, DE, LA, LA, LAL, LM, LM	95	97	98	60	-	-
Barthel et al. (2008) Sistema B	EQ, DE, LA, LA, LAL, LM, LAG	96	97	97	64	-	-
Vivian et al. (2010)	UASB, LA, LF, LM, LM	98	99	90	-	99	99
Rodrigues et al. (2010)	DE, UASB	92	-	-	88	-	-
Pereira et al. (2010)	RAC, UASB	78	-	-	-	-	-
Duda & Oliveira (2011)	UASB, FA, FP, DE	98	84	78	99	99	98
Araújo et al. (2012)	LD, LA, UASB, LAF, LM	97	74	83	-	-	-

CC – Caixa de Carga; CRV – Caixa Reguladora de Vazão; UASB – Reator Anaeróbico UASB; TAE – Tanque de Acidificação e Equalização; LAF – Lagoa Aerada Facultativa; NI – Não Informado; DE – Decantador; EQ – Equalizador; LA – Lagoa Anaeróbica; LAL – Lagoa de Algas; LM – Lagoa de Maturação; LAG – Lagoa de Aguapé; LF – Lagoa Facultativa; RAC – Reator Anaeróbico Compartimentado; FA – Filtro Anaeróbico; FP – Filtro Percolador; LD – Lagoa de Decantação

CONCLUSÕES

As tecnologias para o tratamento de dejetos de suínos encontradas na literatura de 2001 até 2013 são praticamente as mesmas mencionadas no trabalho de Belli Filho et al. (2001). Os resultados obtidos nos trabalhos citados apresentaram-se, de certa forma, satisfatórios em relação à redução da carga de poluentes dos dejetos suínos. Entretanto, foram poucos os trabalhos que contabilizam os custos de cada sistema de tratamento, o que torna difícil obter a viabilidade para a instalação de certo sistema de acordo com a realidade da carga de poluentes, e as condições econômicas de cada produtor.

Medri (1997) e Medri & Medri (2004) iniciaram um caminho que pode contribuir muito para o desenvolvimento de tecnologias e sistemas para tratamento dos dejetos da suinocultura. Estes autores realizaram estudos que contribuíram para o dimensionamento ótimo de tratamentos baseados na tecnologia de lagoas de estabilização. A ideia central destes estudos consiste na modelagem e otimização destes sistemas, de modo a atingir o menor custo de tratamento para a tecnologia ou sistema adotado. O custo mínimo é atingido variando parâmetros como largura, comprimento, altura e tempo de retenção hidráulico, entre outros, de modo a encontrar uma solução ótima, respeitando limites aceitáveis da redução da DBO e outros indicadores. Desta forma, o planejamento de sistemas de tratamento a partir de modelos conceituais otimizados pode contribuir imensamente para os problemas derivados dos dejetos da suinocultura, bem como manter a viabilidade da atividade. Estes modelos podem ainda fornecer subsídio que garantam também uma melhor utilização do gás metano, gerado através da fermentação dos dejetos suínos.

Apesar dos inúmeros estudos apontados na literatura, no que tange os aspectos de eficiência de cada tecnologia e sistema, os trabalhos de Medri (1997) e Medri & Medri (2004) são exceção neste sentido, o que torna difícil a realização de uma escolha levando em conta critérios econômicos embasados na otimização destes sistemas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aneja, V. P.; Arya, S. P.; Rumsey, I. C.; Kim, D. S.; Bajwa, K.S.; Williams, C. M. Characterizing ammonia emissions from swine farms in eastern North Carolina: Reduction of emissions from water-holding structures at two candidate superior technologies for waste treatment. **Atmospheric Environment**, v.42, n.14, p.3291-3300, 2008.
- Araújo, I. S.; Oliveira, J. L. R.; Alves, R. G. C. M.; Belli Filho, P.; Costa, Rejane H. R. Avaliação de sistema de tratamento de dejetos suínos instalado no Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.7, p.745-753, 2012.
- Barthel, L. **Lagoas de alta taxa, maturação e aguapés em sistema de tratamento de dejetos suínos: avaliação de desempenho e dinâmica planctônica**. Florianópolis: UFSC, 2007. 175p. Tese de Doutorado.
- Barthel, L.; Oliveira, P. A. V.; Costa, R. H. R. Plankton biomass in secondary ponds treating piggy waste. **Brazilian archives of biology and technology**, v.51, n.6, p.1287-1298, 2008.
- 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.
- Brandão, V.S.; Matos, A.T.; Fontes, M.P.F.; Martinez, M.A. Retenção de poluentes em filtros orgânicos operando com águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.2, p.329-334, 2003.
- Campos, C., M., M.; Carmo, F. R.; Botelho, C. G.; Costa, C. Desenvolvimento e operação de reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) no tratamento dos efluentes da suinocultura em escala laboratorial. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.1, p.140-147, 2006.
- CARMO, F. R.; CAMPOS, C. M. M.; BOTELHO, C. G.; COSTA, C. C. Uso de lagoa aerada facultativa como polimento do reator anaeróbio de manta de lodo UASB no tratamento de dejetos de suínos em escala laboratorial. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, n.3, p.600-607, 2004.
- CHERNICHARO, C. A. **Reatores anaeróbios. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 1.ed. Belo Horizonte: UFMG, 1997. 245p.
- Corrêa, É. K.; Lucia Jr, T.; Gil-Turnes, C.; Corrêa, M. N.; Bianchi, I.; Corezzolla, J. L.; Ulguim, R. R. Efeito de diferentes profundidades de cama sobre parâmetros ambientais para suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.5, p.540-545, 2008.
- Diesel, R.; Miranda, C. R.; Perdomo, C. C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos**. 1.ed. Concórdia: Embrapa suínos e aves/Emater – RS, 2002. 31p.
- Duda, R. M.; Oliveira, R. A. Tratamento de águas residuárias de suinocultura em reator UASB e filtro anaeróbio em série seguidos de filtro biológico percolador. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.16, n.1, p.91-100, 2011.
- Ferreira, F. L. A.; Amaral, L. A.; Lucas Jr, J. Desempenho do reator de fluxo ascendente com leito de lodo (uasb) na redução do poder poluente de águas residuárias de suinocultura. **Holos Environment**, v.1, n.2, p.228-237, 2001.
- Gonçalves Jr, A. C.; Lindino, C. A.; Rosa, M. F.; Bariccatti, R.; Gomes, G. D. Remoção de metais pesados tóxicos cádmio, chumbo e cromo em biofertilizante suíno utilizando macrófita aquática (*Eichornia crassipes*) como bioindicador. **Acta Scientiarum. Technology**, v.30, n.1, p.9-14, 2008.
- Higarashi, M. M.; Coldebella, A.; Oliveira, P. A. V.; Kunz, A.; Mattei, R. M.; Silva, V., S.; Amaral, A. L. Concentração de macronutrientes e metais pesados em

- maravilha de unidade de suínos em cama sobreposta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.3, p.311-317, 2008.
- 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.
- Magalhães, M. A.; Matos, A. T.; Denículi, W.; Tinoco, I. F. F. Operação de filtros orgânicos utilizados no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.472-478, 2006a.
- Magalhães, M. A.; Matos, A. T.; Denículi, W.; Tinoco, I. F. F. Compostagem de bagaço de cana-de-açúcar triturado utilizado como material filtrante de águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.466-471, 2006b.
- Medri, W. **Modelagem e otimização de sistemas de lagoas de estabilização para tratamento de dejetos suínos**. Florianópolis: UFSC, 1997. 206p.
- Medri, W.; Medri, V. Otimização de sistemas de lagoas de estabilização para tratamento de dejetos suínos. **Ciências Exatas e Tecnológicas-SEMINA**, v.25, n.2, p.203-212, 2004.
- Oliveira, F. N. S.; Lima, H. J. M.; Cajazeira, J. P. **Uso da compostagem em sistemas agrícolas orgânicos**. 1.ed. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 17p.
- Orrico Jr, M. A. P.; Orrico, A. C. A.; Lucas Jr, J. Compostagem da fração sólida da água residuária de suinocultura. **Revista Engenharia Agrícola**, v.29, n.3, p.483-491, 2009.
- Paulo, R. M. de; Tinôco, I., de F., F.; Oliveira, P. A.V. de; Souza, C. de F.; Baêta, F. da C.; Cecon, P. R. Avaliação da amônia emitida de camas sobrepostas e piso concretado utilizados na criação de suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.2, p.210-213, 2009
- Pearson, H. W.; Mara, D. D.; Arridge, H. A. The influence of pond geometry and configuration on facultative and maturation waste stabilization pond performance and efficiency. **Water. Science Technology**, v.31, n.12, p129-139, 1995.
- Pereira, E. L.; Campos, C. M. M.; Moterani, F. Physical-chemical and operational performance of an anaerobic baffled reactor (ABR) treating swine wastewater. **Acta Scientiarum: Technology**, v.32, n.4, p.399-405, 2010.
- Pra, M. A. D.; Corrêa, E. K.; Roll, V. F. B.; Xavier, E. G. Compostagem de Dejetos de Suínos. **Revista Tecnológica**, v.12, n.1, p28-32, 2008
- 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.
- Rodrigues, L. S.; Silva, I. J. da; Zocrato, M. C. de; Papa, D. N.; Sperling, M. V.; Oliveira, P. R. de. Avaliação de desempenho de reator UASB no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.1, p.94-100, 2010.
- Santos, M. A. A. dos.; Schmidt, V.; Bitencourt, V. C.; Maroso, M. T. D. Esterqueiras: avaliação físico-química e microbiológica do dejetos suíno armazenado. **Revista Engenharia Agrícola**. v.27, n.2, p.537-543, 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.
- Serpa, R. F.; Sehnem, S.; Cericato, A.; Santos Jr, S., Fischer, A. Compostagem de Dejetos de Suínos. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v.6, n.1, p.47-78, 2012.
- Silva, F. F. P.; Santos, M.; Schmidt, V. Resistência a antimicrobianos de *Escherichia coli* isolada de dejetos suínos em esterqueiras. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.60, n.3, p762-765, 2008.
- Urbinati, E.; Duda, R. M.; Oliveira, R. A. de. Performance of UASB reactors in two stages under different HRT and OLR treating residual waters of swine farming. **Revista Engenharia Agrícola**, v.33, n.2, p.367-378, 2013.
- Vivan, M.; Kunz, A.; Stolberg, J., Perdomo, C.; Techio, V., H. Eficiência da interação biodigestor e lagoas de estabilização na remoção de poluentes em dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.3, p.320-325, 2010.