

JOSÉLIA FERNANDES OLIVEIRA TOLENTINO

**EFEITO DA RADIAÇÃO SOLAR NO TRATAMENTO DE
BIOFERTILIZANTE SUÍNO, PROVENIENTE DE BIODIGESTOR
ANAERÓBIO MODELO INDIANO**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Recursos Hídricos e Ambientais do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do Título de Especialização.

Orientador: **Prof. Fernando Colen**

Montes Claros
2011

Tolentino, Josélia Fernandes Oliveira.

T649e
2011 Efeito da radiação solar no tratamento de biofertilizante suíno, proveniente de biodigestor anaeróbico modelo indiano / Josélia Fernandes Oliveira Tolentino. Montes Claros, MG: Instituto de Ciências Agrárias/UFMG, 2011.
40 p.: il.

Monografia (Especialização em Recursos Hídricos e Ambientais)
Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

Orientador: Prof. Fernando Colen.

Banca examinadora: Prof.^a Anna Christina de Almeida, Prof. Eduardo Robson Duarte, Prof. Fernando Colen.

Inclui bibliografia: f: 37-40.

1. Biofertilizante – Dejetos de suínos. 2. Biodigestor anaeróbico. 3. Uso da radiação solar. I. Colen, Fernando.. Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais. III. Título.

CDU: 631.8

JOSÉLIA FERNANDES OLIVEIRA TOLENTINO

EFEITO DA RADIAÇÃO SOLAR NO TRATAMENTO DE BIOFERTILIZANTE
SUÍNO, PROVENIENTE DE BIODIGESTOR ANAERÓBIO MODELO
INDIANO

Aprovada em 12 de julho de 2011

Prof.^a Anna Christina de Almeida
Coorientadora (ICA/UFMG)

Prof. Eduardo Robson Duarte
Coorientador (ICA/UFMG)

Prof. Fernando Colen
Orientador (ICA/UFMG)

Montes Claros
2011

DEDICATÓRIA

À minha mãe Dalva (sempre presente), motivo de eterna admiração por seu exemplo de luta.

Ao meu marido Janderson e ao meu filho Bruno, que em todos os momentos estiveram presentes ao meu lado, com apoio e paciência inesgotáveis me permitindo conduzir com tranquilidade este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em especial a Deus, companheiro presente em todos os momentos de minha vida.

À Prof.^a Anna Christina de Almeida, coorientadora, pela atenção sugestões e os ensinamentos.

Ao Prof. Eduardo Robson Duarte, coorientador, pelo apoio, orientação e incentivo.

Ao meu orientador, Prof. Fernando Colen, a oportunidade oferecida, a paciência, a compreensão, o estímulo e os ensinamentos na elaboração deste trabalho.

Ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, por ter propiciado condições para realização deste trabalho.

Aos funcionários de campo da Fazenda Experimental Professor Hamilton de Abreu Navarro, que se dispuseram a oferecer os dados necessários e por estarem sempre à disposição na execução dos trabalhos.

A todas as pessoas que, de alguma forma, colaboraram para a conclusão deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Neste trabalho estudou-se o efeito da radiação solar em bactérias e endoparasitas presentes no biofertilizante suíno, utilizando o SITRU - sistema de tratamento por radiação ultravioleta. Para avaliar a eficiência do sistema na remoção de micro-organismos patogênicos, utilizou-se o Método de Numero Mais Provável (NMP/ml) e Agar Mac Conckey para verificar a existência de *E-coli* através do teste confirmatório utilizando tubos contendo o meio de cultura Rugai modificado com lisina. O método de sedimentação e contagem em câmara de Sedgewick foi empregado para determinar o número de ovos por grama de fezes, para detecção de ovos de helmintos e oocistos de protozoários. Os resultados mostram que houve uma eficiência na inativação de *E-coli* após o final do experimento. O mesmo não pode ser observado em relação aos ovos de *Ascaris* sp e de Trichostrongylideos, oocisto de protozoários.

Palavras-chaves: Radiação solar. Desinfecção. Biofertilizante.

ABSTRACT

This work studied the effect of solar radiation in bacteria and endoparasites present in swine biofertilizer using the Ultraviolet Radiation Treatment Systems. To evaluate the efficiency of the system in the removal of pathogenic microorganisms, it was used the Most Probable Number Method (MPN / ml) and Agar Mac Conckey to check the existence of *E-coli* through the confirmatory test using tubes containing the Rugai environment culture modified with lysine. The method of sedimentation and Sedgewick counting chamber was used to set the number of eggs per gram of feces for detection of helminth eggs and protozoan oocysts. The results show that there was an efficient inactivation of *E-coli* after the end of the experiment. The same cannot be observed in relation to eggs of *Ascaris* sp eggs and Trichostrongylideos, oocyst of protozoa.

Keywords: Solar radiation. Disinfection. Biofertilizers.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

GRÁFICO 1 - <i>Ranking</i> mundial dos maiores produtores de carne suína em 2009	11
GRÁFICO 2 - Crescimento da produção brasileira de carne suína.	12
GRÁFICO 3 - <i>Ranking</i> mundial dos maiores exportadores de carne suína em 2009	12
FIGURA 1 - Ilustração do espectro eletromagnético.	17
FIGURA 2 - Dimerização fotoquímica de duas bases timinas	20
FIGURA 3 - Localização geográfica do município de Montes Claros – MG. .	22
FIGURA 4 - Biodigestor Modelo Indiano.	23
FIGURA 5 - Sistema de Tratamento por Radiação Ultravioleta – Efluente. ..	24
FIGURA 6 - Medição de temperatura no efluente.	25
FIGURA 7 - Coleta de amostra para análise em laboratório.	27
QUADRO 1 - Acompanhamento da temperatura de efluente no reservatório do SITRU nos dias do experimento de campo	26

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Produção Diária de dejetos suínos diferentes fases produtivas	13
TABELA 2 – Caracterização físico-química dos dejetos suínos em Concórdia Santa Catarina.	14
TABELA 3 – Resultado das análises de coliformes totais, coliformes fecais no sistema de tratamento por radiação solar	29
TABELA 4 – Resultado de inativação de E-coli.	30
TABELA 5 – Contagem de ovos de Ascaris sp. Em efluentes de biodigestor antes e após o sistema de tratamento por radiação ultravioleta	31
TABELA 6 – Contagem de oocisto de protozoários em efluentes de biodigestor antes a após o sistema de tratamento por radiação ultravioleta.	32
TABELA 7 – Contagem de ovos de trichostrongylideos em efluentes antes a após o sistema de tratamento por radiação.	33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1 Suinocultura no Brasil e no mundo	11
2.2 Riscos biológicos em dejetos de suínos.....	15
2.3 Desinfecção.....	
Erro! Indicador não definido.	
2.4 Radiação ultravioleta.....	17
2.5 Mecanismos de desinfecção com radiação ultravioleta	19
2.6 Vantagens e desvantagens da radiação ultravioleta.....	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES ..	Erro! Indicador não definido.
5 CONCLUSÃO	35
6 RECOMENDAÇÕES ..	36
REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

O processo intensivo de criação de suínos confinados gera grande quantidade de dejetos, caracterizados como poluidores de grande impacto ao meio ambiente. Segundo a Legislação Ambiental, Lei nº9.605/98, a quantidade de efluentes produzido na suinocultura necessita de destino adequado, podendo o produtor ser responsabilizado criminalmente por danos causados ao meio ambiente, à saúde humana e dos animais.

As rações para suínos têm um alto valor nutricional, sendo que o aproveitamento efetivamente utilizado pelos animais é de aproximadamente 50% e o restante é eliminado nas fezes. Em relação à carga orgânica, os dejetos de suínos têm grande poder poluente em relação ao esgoto doméstico. No entanto, o efluente desses animais contém elementos químicos importantes para agricultura que, ao serem adicionados ao solo, podem atuar como fertilizantes, substituindo parte da fertilização química.

A irrigação com águas residuais provenientes da suinocultura, principalmente em cultivo de hortaliças, induz uma preocupação latente que é a contaminação por organismos patogênicos.

Nesse sentido, a eficiência de um processo de desinfecção para a redução do número de organismos patogênicos presente na água ou efluente é altamente desejável. A desinfecção pode ser realizada por processos químicos e físicos.

Nos processos químicos, utilizam-se principalmente: cloro gasoso, hipoclorito de sódio, dióxido de cloro e ozônio. Nos processos físicos utiliza-se o calor e os raios solares, mais especificamente a radiação ultravioleta.

Sendo assim, neste projeto objetivou-se avaliar o efeito da radiação ultravioleta em bactérias e endoparasitas presentes no biofertilizante suíno.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Suinocultura no Brasil e no mundo

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína – ABIPECS, a produção mundial de carne suína em 2009 foi de mais de 100 milhões de toneladas. O Brasil ocupa a quarta posição no *ranking* mundial de produção atrás da China, União Europeia e Estados Unidos, como pode ser verificado no GRAF.1.

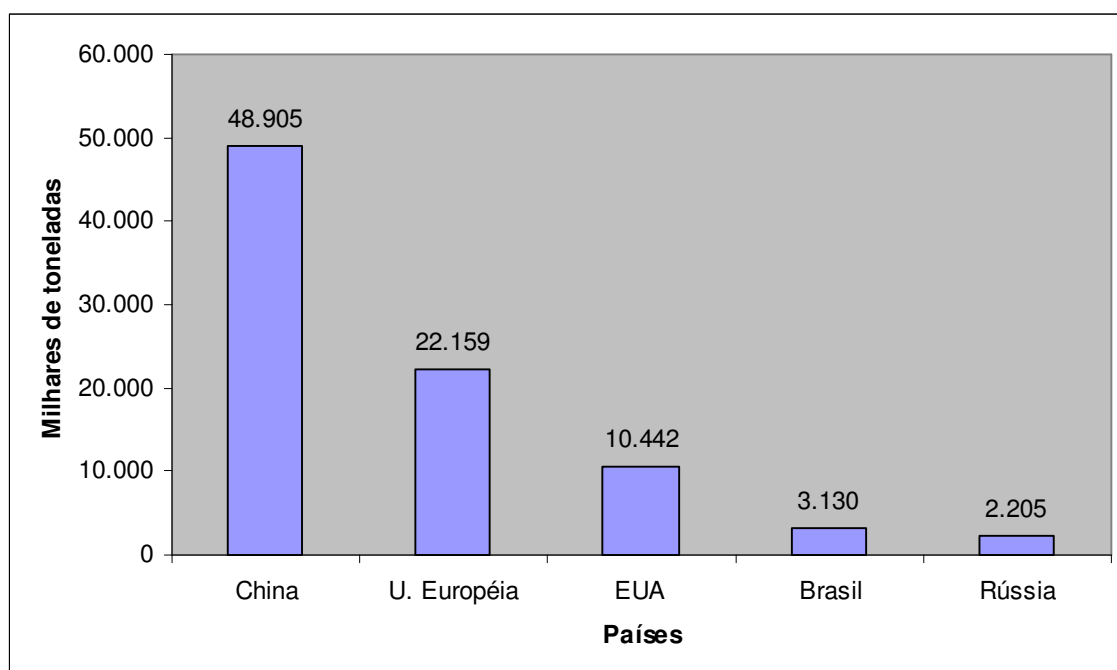


GRÁFICO 1 – *Ranking* mundial dos maiores produtores de carne suína em 2009. (Dados em milhares de toneladas)

Fonte: Adaptado de ABIPECS (2011).

Outra informação interessante é que a produção de carne suína no Brasil está crescendo ano após ano (GRAF. 2). No quesito exportação de carne suína, o Brasil ocupa posição de destaque, ocupando a quarta posição conforme o GRAF.3.

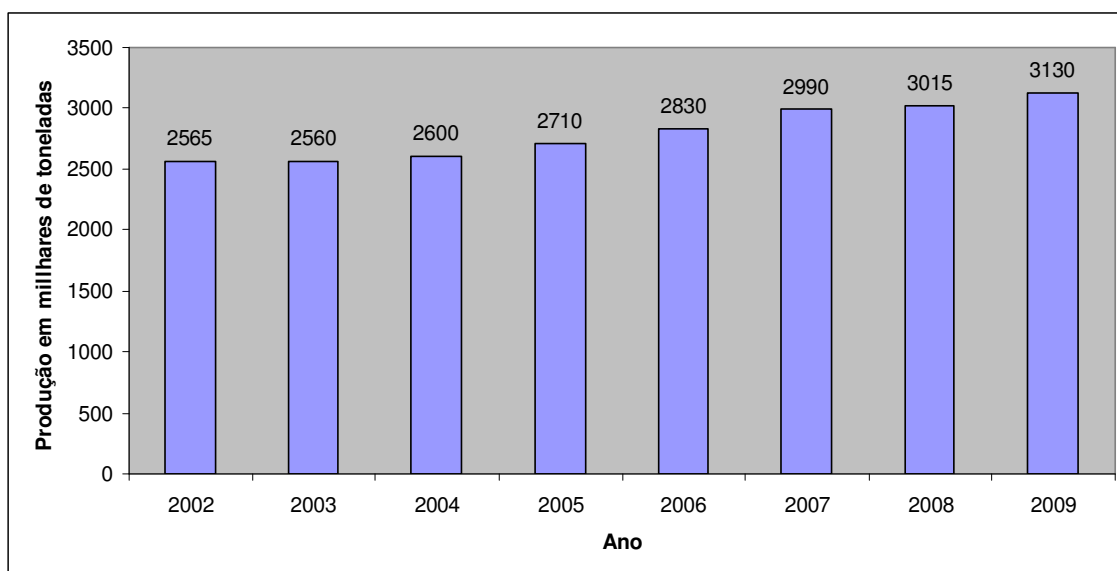


GRÁFICO 2 – Crescimento da produção brasileira de carne suína.
Fonte: Adaptado de ABIPECS (2011).

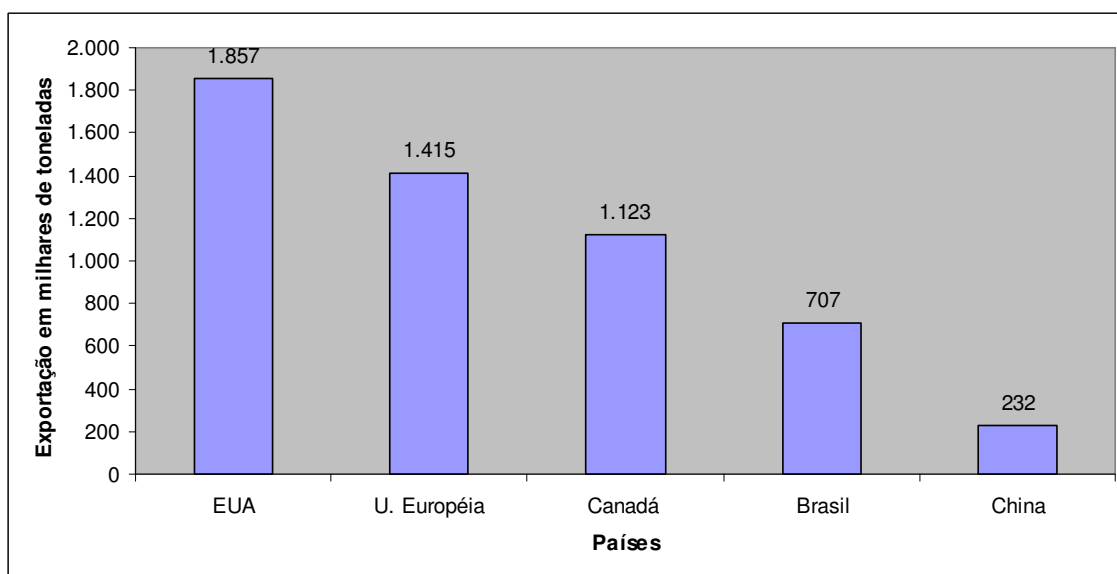


GRÁFICO 3 - *Ranking* mundial dos maiores exportadores de carne suína em 2009. (Dados em milhares de toneladas)
Fonte: Adaptado de ABIPECS (2011).

Os principais estados brasileiros produtores são Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Paraná e Minas Gerais, porém o Estado do Mato Grosso do Sul é o que vem alcançando os maiores índices de crescimento (ABIPECS, 2011).

Com o aumento crescente na produção suína, a poluição ambiental por dejetos é um problema que vem se agravando de forma preocupante. Diagnósticos recentes têm demonstrado um alto nível de contaminação dos

rios e lençóis de águas superficiais que abastecem tanto o meio rural quanto urbano (DIESEL, 2002).

Segundo Diesel (2002), utilizando-se o conceito de equivalente populacional, um suíno, em média, equivale a 3,5 pessoas em termos de contaminação com efluentes. A capacidade poluente do suíno é superior do que de outras espécies. Em outras palavras uma granja com população de 1.000 animais contamina mais o meio ambiente do que uma cidade de 3.500 habitantes.

Os dejetos de suínos são compostos por fezes, urina, água desperdiçada pelos bebedouros e de higienização, resíduos de ração, cabelos e poeira decorrentes do processo criatório (KONZEN, 1983).

As principais causas de poluição por efluentes suínos são devidas aos seus lançamentos sem tratamento prévio nos cursos de água, que acarreta desequilíbrios em função da redução do teor de oxigênio dissolvido na água, da disseminação de patógenos e contaminação das águas e solos por nitratos, amônia e outros elementos tóxicos (DIESEL, 2002).

No entanto, buscam-se formas de reduzir o impacto ambiental, através da fermentação metanogênica em biodigestores, cujo produto é rico em nitrogênio, fósforo, potássio e biogás (KONZEN, 1983; OLIVEIRA, 1993).

A produção de dejetos na suinocultura traz uma grande preocupação, devido ao seu alto poder contaminante e seu grande volume produzido conforme TABELA 1.

TABELA 1

Produção diária de dejetos suínos nas diferentes fases produtivas

Categoria	Esterco (kg/dia)	Esterco + Urina (kg/dia)	Dejetos Líquidos (Litros/dia)
Suínos (25 – 100 kg)	2,30	4,90	7,00
Porca gestação	3,60	11,00	16,00
Porca lactação + leitões	6,40	18,00	27,00
Cachaço	3,00	6,00	9,00
Leitões na creche	0,35	0,95	1,40

Fonte: Adaptado de Oliveira (1993).

A Tabela 2 mostra os valores mínimo, médio e máximo para a caracterização físico-química dos dejetos suínos obtidos na unidade do sistema de tratamento de dejetos da EMBRAPA em Concórdia/SC.

TABELA 2

Caracterização físico-química dos dejetos suínos em Concórdia-Santa Catarina

Parâmetro (mg.L ⁻¹)	Mínimo	Médio	Máximo
DQO	11.530	25.543	38.448
Sólidos Totais	12.697	22.399	49.432
Sólidos Voláteis Totais	8.429	16.389	39.024
Sólidos Fixos Totais	4.268	6.010	10.409
Sólidos Sedimentáveis ¹	220	429	850
Nitrogênio Total	1.660	2.374	3.710
Fósforo Total	320	578	1.180

Fonte: ALVES (2007), citando SILVA (1996).

Segundo Oliveira (2004) entre os reatores anaeróbios mais utilizados no tratamento de dejetos líquidos da suinocultura, os de fluxo contínuo como o modelo indiano, chinês e canadense são os mais empregados, tendo em vista que podem ser alimentados com dejetos diariamente. O processo é considerado contínuo porque a cada carga diária (influyente), corresponde a uma descarga de material digerido (efluente). A biomassa dentro do biodigestor se movimenta por diferença de pressão hidráulica, no momento da carga e o tempo de retenção varia de acordo com as condições climáticas. Esses modelos de biodigestores são subterrâneos para evitar mudanças bruscas de temperaturas da biomassa.

O biogás produzido pode ser utilizado na própria atividade, na geração de energia elétrica, na iluminação e no aquecimento. Já o biofertilizante pode ser utilizado na agricultura, respeitando a legislação vigente. A lei 6.894 de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos,

¹ Sólidos sedimentáveis ml.L⁻¹

inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura, e dá outras providências. Decreto 4.954 de 16 de janeiro de 2004 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento que aprova o Regulamento da Lei no 6.894, de 16 de dezembro de 1980 e a Deliberação Normativa do COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental – N° 10, de 16 de dezembro de 1986 que estabelece normas e padrões para qualidade das águas, lançamentos de efluentes nas coleções de águas, e dá outras providências.

2.2 Riscos biológicos em dejetos de suínos

A poluição por dejetos suínos é devido o lançamento direto do esterco sem o devido tratamento nos cursos de água, que acarreta desequilíbrios ecológicos e poluição devidos à redução do teor de oxigênio dissolvido na água, disseminação de patógenos e contaminação das águas potáveis com amônia, nitratos e outros elementos tóxicos (DIESEL, 2002).

A disposição inadequada dos dejetos suínos pode contaminar as águas superficiais com matéria orgânica, nutrientes, bactérias fecais e sedimentos. Nitratos e bactérias são os componentes que afetam a qualidade da água subterrânea (DIESEL, 2002).

A produção de suínos pode gerar outro tipo de poluição que é o odor desagradável que ocorre devido à evaporação dos compostos voláteis, que causam efeitos prejudiciais ao bem-estar humano e animal. Os tipos de contaminantes do ar mais comuns nos dejetos são: amônia, metano, ácidos graxos voláteis, H₂S, N₂O, etanol, propanol, dimetil sulfido e carbono sulfido. A emissão de gases pode causar graves prejuízos nas vias respiratórias do homem e animais, bem como a formação de chuva ácida através de descargas de amônia na atmosfera, além de contribuírem para o aquecimento global da terra (PERDOMO, 1999; LUCAS *et al.*, 1999).

2.3 Desinfecção

No processo de tratamento de efluentes, a desinfecção consiste no emprego de um agente físico ou químico (desinfetante) para reduzir o número de agentes patogênicos viáveis, destruindo-os ou inativando-os. O processo de desinfecção é diferente da esterilização, cujo objetivo é a eliminação de todos os micro-organismos presentes (CAMACHO, 1995).

A desinfecção tanto da água de abastecimento quanto de efluentes residuais contaminados por agentes patogênicos, é necessária para evitar a transmissão de doenças de vinculação hídrica (DANIEL, 1992).

Um dos principais contaminantes dos cursos de água, como rios e lagos, são efluentes sanitários, porém antes de serem lançados no meio é necessário um tratamento com processos físicos e químicos. Geralmente os produtos químicos utilizados para o tratamento, como o cloro, geram subprodutos que podem ser nocivos ao ecossistema no qual o efluente está sendo lançado.

O uso de produtos químicos na desinfecção dos efluentes de tratamento biológico é necessário para manter a qualidade ambiental, mesmo tendo consciência de seus efeitos negativos, relativamente à presença de patogênicos (DANIEL, 1989).

É necessário desenvolver formas de desinfecção que não apresentem riscos ao meio ambiente e ao seres humanos, mantendo, ao mesmo tempo, a eficiência de desinfecção apresentada pelo cloro (DANIEL, 1989).

De acordo com Daniel *et al.* (2001), métodos alternativos de desinfecção começaram a ser desenvolvidos com objetivo de substituir o uso de produtos químicos como o cloro e, conseqüentemente, minimizar a formação de precursores de trihalometanos (THMs) e outros subprodutos que apresentam potencial cancerígeno.

A utilização da radiação ultravioleta é uma alternativa aplicada aos agentes químicos no processo de desinfecção das águas de abastecimento e, também, de águas residuárias (AGUIAR, 2000), com a vantagem de não gerar subprodutos indesejáveis e não manter resíduos que poderiam afetar o equilíbrio do ecossistema onde está sendo lançado o efluente (DANIEL, 1989).

2.4 Radiação ultravioleta

Segundo (DANIEL, 1989), Newton, em 1666, obteve espectro da luz visível decompondo a luz solar através de um prisma. Em 1800 William Herschel, através de medidas de temperaturas das cores do espectro visível, foi possível verificar que a radiação infravermelha existia fora da região visível. Em 1801, foi constatada a existência da radiação ultravioleta através de alterações químicas por J.W. Ritter. A radiação ultravioleta corresponde à porção do espectro eletromagnético que se encontra entre os raios X e a luz visível, conforme a FIG. 1.

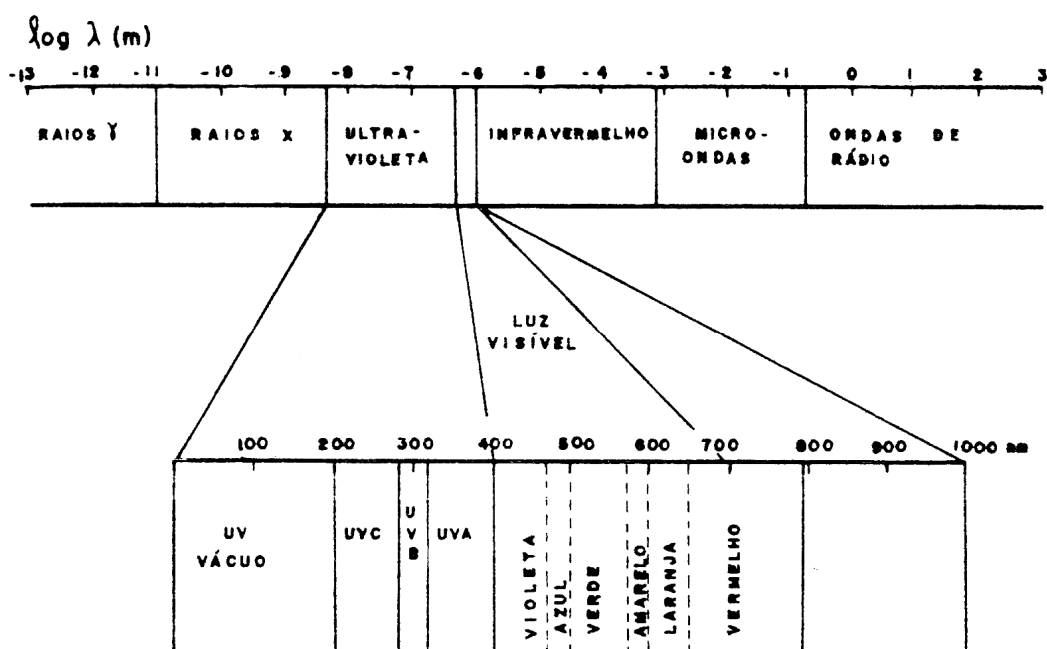


FIGURA 1: Ilustração do espectro eletromagnético
Fonte: Adaptado de Daniel (1989) citado por Philips (1983).

No espectro eletromagnético, a radiação ultravioleta corresponde uma estrita faixa entre os Raios-X e a luz visível, mesmo que os limites desta faixa do espectro eletromagnético como também das demais, não estejam precisamente definidas, é conveniente separar os diferentes tipos de energias (DANIEL, 1989)

O efeito da luz ultravioleta sobre os seres vivos pode ser dividido em UV-A, UV-B, UV-C e UV-Vácuo. A radiação UV-A possui comprimento de onda entre 315 nm (90,8 kcal/einstein) e 400 nm (71,5 kcal/einstein). Por possuir

baixa energia, e a “luz negra” encontrar-se presente nessa faixa, ela é menos nociva aos seres humanos. É muito utilizada para causar fluorescência em matérias e usada em fototerapia e câmaras de bronzamento artificial (RYER, 1997, citado por GONÇALVES, 2003). UV-B tem o comprimento de onda entre 280 nm (102 kcal/einstein) e 315 nm (90,8 kcal/einstein). Segundo Ryer (1997) citado por Gonçalves (2003), essa é o tipo de radiação ultravioleta mais destrutiva na forma de luz, por ter energia bastante para causar danos em tecidos biológicos e em quantidade mínima para não ser completamente absorvida na atmosfera; é a radiação responsável por causar câncer de pele. UV-C tem comprimento de onda variando de 200 nm (143 kcal/einstein) a 280 nm (102 kcal/einstein), é a radiação ultravioleta utilizada como germicida. Os fótons de luz nessa faixa concentram quantidades significativas de energia que, na colisão com o oxigênio, resultam na formação de ozônio e são absorvidos em poucas centenas de metros (RYER, 1997; CHANG, 1977 citado por GONÇALVES, 2003). O intervalo de comprimento de onda utilizado como germicida de alto poder de inativação de micro-organismo esta entre 245 nm (116,7 kcal/einstein) e 285 nm (100,4 kcal/einstein). E a radiação UV-Vácuo apresenta comprimento de onda de 40 a 200 nm.

Os primeiros cientistas a relatarem o efeito germicida dos raios solares foram os ingleses Downes e Blunt em 1877 (KOLLER, 1952). Inicialmente a radiação ultravioleta foi utilizada para desinfecção do ar, de produtos farmacêuticos e de estações compactas de tratamento de água potável, principalmente em navios (DANIEL, 1989).

Segundo Gonçalves (2003), os efeitos bactericidas da radiação UV foram comprovados de formas mais precisas por Barnard e Morgan em 1903, que utilizaram correntes elétricas para produzir radiações com comprimento de onda entre 226 nm e 328 nm.

A radiação ultravioleta é uma alternativa ao uso de produtos químicos tradicionais no processo de desinfecção de água potável e de águas residuais (DANIEL *et al.*, 2001).

A ação desinfetante da radiação ultravioleta é diferente da que usa produtos químicos. Ela atua por meio físico, atingindo principalmente os

ácidos nucléicos dos micro-organismos, promovendo a radiação fotoquímica que inativa os vírus e as bactérias (DANIEL *et al.*, 2001).

2.5 Mecanismo de desinfecção com radiação ultravioleta

O principal mecanismo de ação da radiação ultravioleta no processo de desinfecção, utilizando o comprimento de onda presente na luz solar, é através da interferência na biossíntese e na reprodução celular. Os micro-organismos são inativados pela radiação ultravioleta como resultado dos danos fotoquímicos causados a ácidos nucléicos, prejudicando o funcionamento normal (AGUIAR, 2000).

A radiação ultravioleta não inativa os micro-organismos por meio de reação química, como acontece com a maior parte dos agentes desinfetantes utilizados em água. A inativação dos micro-organismos ocorre pela absorção dessa luz de alta energia, que promove reações fotoquímicas com os componentes fundamentais das células, interrompendo o mecanismo de duplicação ou provocando a morte da mesma (USEPA, 1999).

A desinfecção por radiação ultravioleta ocorre devido à absorção da radiação por proteínas e ácidos nucléicos RNA e DNA. Através da absorção da radiação ultravioleta pelas proteínas presentes nas membranas celulares leva o rompimento dessas membranas e, conseqüentemente a morte da célula. A absorção de baixas doses de radiação ultravioleta pelo DNA pode apenas interromper o processo de reprodução dos micro-organismos, impedindo-os de contaminar o meio (DANIEL *et al.* 2001).

A absorção dos raios ultravioletas por algumas moléculas presentes no DNA, como as purinas e as pirimidinas, tornam-se mais reativas. A absorção máxima de radiação ultravioleta pelo DNA ocorre em 260 nm, sugerindo que a inativação pela radiação é medida pela absorção direta de purina e pirimidinas pelas moléculas, levando à formação de dímeros e hidratados (DANIEL *et al.*, 2001). A radiação ultravioleta atravessa a parede celular e é absorvida pelos ácidos nucléicos e, em menor extensão, pelas proteínas e por outras moléculas biologicamente importantes (DANIEL; CAMPOS, 1992).

A radiação ultravioleta absorvida por bases nitrogenadas pode resultar na formação de dímeros, como cistósina-cistósina, adenina-adenina e timina-timina. As moléculas pirimídicas resultantes, uma vez unidas, deformam a estrutura helicoidal do DNA e dificultam a replicação do ácido nucléico. Caso a replicação ocorra, as novas células serão mutantes descendentes incapazes de se duplicar (WEF, 1995 citado por GONÇALVES, 2003). Segundo Daniel *et al.* (2001) esse é o mecanismo fundamental de desinfecção por radiação ultravioleta, como mostra a figura 2.

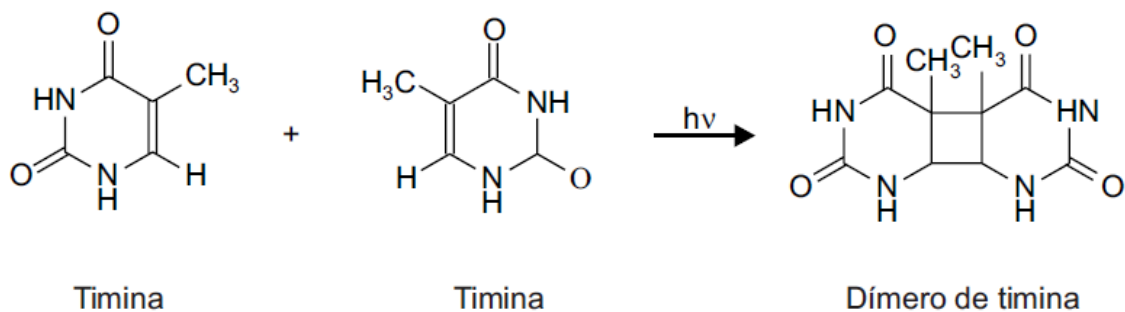


FIGURA 2: Dimerização fotoquímica de duas bases timinas
 Fonte: Daniel *et al.* (2001)

2.6 Vantagens e desvantagens da radiação ultravioleta

De acordo com USEPA (1999) e Souza (2000), tomando por base Cairns (1995) citado por Daniel *et al.* (2001), as vantagens do uso da radiação ultravioleta como agente desinfetante em tratamento de água são:

- A radiação ultravioleta é efetiva para grande variedade de bactérias e vírus, usando doses relativamente pequenas;
- Mínimos riscos a saúde - a formação de subprodutos é mínima;
- Não confere residual, o qual poderia reagir com substâncias orgânicas na produção comercial ou industrial - por exemplo, não é produzida descoloração ou mudança de sabor, quando se utiliza radiação ultravioleta em indústria alimentícia;
- Segurança e aceitação dos operadores e do público - nenhum produto químico tóxico é transportado, armazenado ou manuseado;

- Simplicidade e baixos custos de operação e manutenção - o equipamento de radiação ultravioleta é mais simples do que os equipamentos de geração de ozônio e dióxido de cloro;
- Pequeno tempo de contato, conseqüentemente, não necessita de grandes tanques de contato - são alcançadas doses efetivas de desinfecção em poucos segundos, comparados ao período de 10 a 60 minutos de outras tecnologias de desinfecção, em se tratando de sistema com fonte de energia externa.

Dentre as desvantagens da desinfecção com radiação ultravioleta, destacam-se:

- Os mecanismos de reparo do dano provocado ao DNA dos microorganismos, se uma dose subletal for empregada;
- A matéria dissolvida ou em suspensão reduz a intensidade de radiação quando esta atravessa a lâmina líquida;
- Não confere residual à água distribuída.

No entanto, o fato da radiação ultravioleta não deixar residual desinfetante na água, tem sido discutivelmente apontado como argumento para o uso do cloro, pois na realidade, há um potencial para formação de biofilme nas redes de distribuição de água. Se a água contiver nutriente (particularmente carbono orgânico assimilável), eles podem se acumular em torno das canalizações, dando suporte ao crescimento microbiano, e, além disso, a presença de 1 mg/L de cloro residual livre, não garante que o biofilme não seja formado nas superfícies das canalizações e os coliformes fecais não sejam encontrados nas águas de consumo (SOUZA 2000, citado por Daniel *et al.* 2001).

De acordo com Daniel *et al.* (2001), a desinfecção com radiação ultravioleta é mais efetiva para águas com cor e turbidez de pequeno valor, devido à necessidade de penetração da luz no meio, portanto, a qualidade da água a ser tratada é um importante fator na utilização desse processo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido na Fazenda Experimental Professor Hamilton de Abreu Navarro (FEHAN), do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal de Minas Gerais, *Campus* Regional de Montes Claros/MG.

A FEHAN localiza-se a 7 km do centro da cidade e possui uma área de 232 ha. Montes Claros situa-se a uma latitude de 16° 43' 41" sul e a uma longitude de 43° 52' 54" oeste (FIG.3). Para esse município, a altitude média é de 646 metros, em uma área de 3.568,93 km² e uma população estimada em 361.9 mil habitantes (IBGE, 2010).

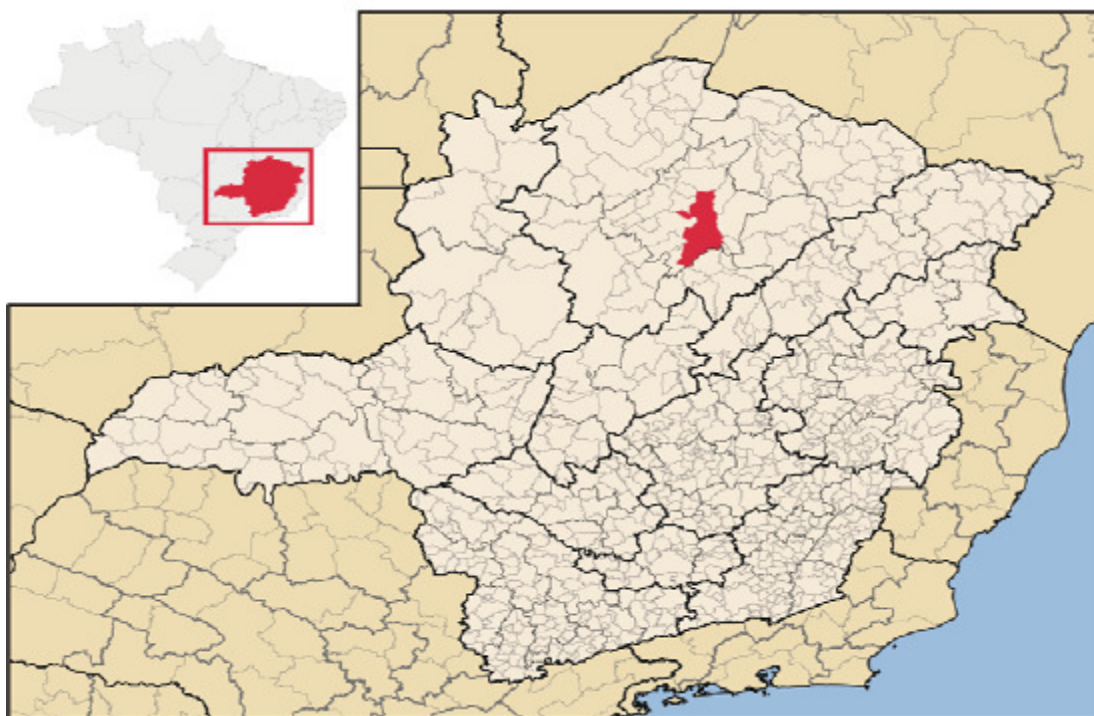


FIGURA 3 - Localização geográfica do município de Montes Claros – MG
Fonte: Disponível em: www.skyscrapercity.com

Na FEHAN, o plantel de suínos é de 180 animais, criados no sistema de produção intensivo em ciclo completo, ou seja, cria, recria e engorda. Os animais ficam confinados em baias, gaiolas de gestação e gaiolas de parição. A idade de abate é em torno de seis meses, pesando em média 100 kg. A alimentação dos animais é à base de milho moído, farelo de soja e

vitaminas/minerais. A água é fornecida à vontade em bebedouros tipo chupeta.

A limpeza da suinocultura acontece no período da manhã com a raspagem das fezes e jato d'água de alta pressão. O efluente é direcionado por gravidade para o biodigestor, FIG. 4, modelo indiano com capacidade de carga útil de 17,42 m³, para tratamento.



FIGURA 4 – Biodigestor Modelo Indiano.
Fonte: Da autora.

Após o tratamento no biodigestor, por 45 dias foi coletada amostra de 40 litros de efluente e colocado em dispositivo para desinfecção, que nós desenvolvemos, confeccionado com garrafa “Pet” transparente, conforme FIG. 5, com princípio de termossifão, denominado de Sistema de Tratamento por Radiação Ultravioleta (SITRU), para ficarem expostos à radiação ultravioleta por oito dias consecutivos. O SITRU é composto de cinco colunas de recipientes “Pet” transparente de 2 litros cada, conectados através de

cano de esgoto (200 mm) e silicone. As conexões (joelhos e tês) são de PVC 32 mm cuja função é interligar as cinco colunas de “Pet”. Um recipiente de 20 litros fica na parte superior como reservatório de efluente, o qual é interligado ao SITRU por um cano de 32 mm na parte superior e um cano de 32 mm na parte inferior, conforme pode ser visualizado na FIG. 5. O SITRU ficou direcionado para o oeste com uma inclinação de 30 °.



FIGURA 5 - Sistema de Tratamento por Radiação Ultravioleta – Efluente.
Fonte: Da autora.

As temperaturas do efluente no sistema de tratamento com radiação ultravioleta FIG. 6 foram coletados em dois períodos, conforme o QUADRO 1.



FIGURA 6 – Medição de temperatura no efluente.
Fonte: Da autora.

QUADRO 1

Acompanhamento da temperatura do efluente no reservatório do SITRU nos dias do experimento de campo.

Dia	Horário	Temperatura do efluente °C	Varição de temperatura (Δt) °C
12/09/2010	15:00	21	-
13/09/2010	9:00	18	9
13/09/2010	15:00	27	
14/09/2010	9:00	19	15
14/09/2010	15:00	34	
15/09/2010	9:00	20	13
15/09/2010	15:00	33	
16/09/2010	9:00	20	14
16/09/2010	15:00	34	
17/09/2010	9:00	19	14
17/09/2010	15:00	33	
18/09/2010	9:00	20	14
18/09/2010	15:00	34	
19/09/2010	9:00	19	14
19/09/2010	15:00	33	

Fonte: Da autora.

Os testes laboratoriais foram realizados com o intuito de verificar o poder de desinfecção pela radiação solar. Foi analisada a presença de ovos de helmintos e oocistos de protozoários por grama de fezes no biofertilizante, no início do tratamento no SITRU e no final do tratamento no SITRU, ou seja, os testes parasitológicos foram realizados em duas etapas.



FIGURA 7 – Coleta de amostra para análise em laboratório.
Fonte: Da autora.

A eficiência da desinfecção do biofertilizante por meio da radiação solar foi avaliada em análises parasitológicas e análises microbiológicas nos laboratórios do Instituto de Ciências Agrárias – UFMG.

As análises parasitológicas foram realizadas no laboratório de parasitologia e o método utilizado foi a técnica de sedimentação com contagem de ovos por grama de fezes/biofertilizante em Câmara Sedgewick para detecção de ovos de helmintos e oocistos de protozoários (URQUHART *et al*, 1996). Na primeira etapa os testes avaliaram o biofertilizante no início do tratamento no SITRU; Na segunda etapa as análises foram realizadas no final, com oito dias de tratamento no SITRU. Os resultados das análises parasitológicas foram transformados em $\log(x + 1)$ e as médias comparadas o Teste “t” de *Student* com nível de significância de 5%.

As análises microbiológicas foram realizadas no laboratório de microbiologia de acordo com APHA (2001) utilizando o método de número mais provável (NMP/mL) realizado a partir da aplicação da técnica de tubos múltiplos que consiste na inoculação de volumes decrescentes da amostra

em meio de cultura adequado ao crescimento dos organismos alvo, sendo cada volume inoculado em uma série de 3 tubos, para contagem de coliformes totais, coliformes termotolerantes e para identificação de *E. Coli* na amostra de biofertilizante. De acordo com APHA (2001), outro método utilizado foi o Ágar Mac Conckey. As amostras foram transferidas para placas contendo meio Mac Conckey para a obtenção de colônias isoladas. De cada placa foram utilizadas colônias para análises bioquímicas confirmatórias. Foram submetidas às análises as colônias que apresentavam características presuntivas de *E. coli*, levando em consideração seus aspectos. Para os testes bioquímicos confirmatórios foram utilizados tubos contendo o meio de cultura RUGAI modificado com lisina.

As coletas das amostras foram realizadas diariamente, em um volume de 200 ml e encaminhadas sob refrigeração aos laboratórios. As análises foram realizadas imediatamente após a coleta.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os testes dos ensaios microbiológicos de desinfecção com a radiação solar no SITRU foram realizados em duas etapas.

Na primeira etapa os resultados obtidos com determinação de NMP/ml de coliformes totais e coliformes fecais estão apresentados na tabela 3. Sendo assim, o teste para *E. coli* através desse método não foi possível ser realizado, tendo em vista que não houve formação de gases nos tubos de Durham presente no meio E.C. Conforme mostra a tabela 3.

TABELA 3

Resultados das análises de coliformes totais, coliformes fecais no sistema de tratamento por radiação solar.

Data	Amostra	Coliformes Totais Biofertilizante (NMP/ml)	Coliformes fecais ou termotolerantes Biofertilizante (NMP/ml)
12/09/2010	A1	>1.100	< 3,0
13/09/2010	A2	>1.100	< 3,0
14/09/2010	A3	>1.100	< 3,0
15/09/2010	A4	>1.100	< 3,0
16/09/2010	A5	>1.100	< 3,0
17/09/2010	A6	>1.100	< 3,0
18/09/2010	A7	>1.100	< 3,0
19/09/2010	A8	>1.100	< 3,0

Fonte: Da autora.

Na segunda etapa os resultados obtidos com pesquisa de *E.Coli* estão na tabela 4.

TABELA 4
Resultados de inativação de *E.coli*.

Data	Amostra	<i>E.coli</i> (meio de cultura Rugai)
12/09/2010	A1	Positivo
13/09/2010	A2	Positivo
14/09/2010	A3	Positivo
15/09/2010	A4	Positivo
16/09/2010	A5	Positivo
17/09/2010	A6	Positivo
18/09/2010	A7	Negativo
19/09/2010	A8	Negativo

Fonte: Da autora.

As amostras coletadas nos dias 12, 13, 14, 15, 16 e 17 de setembro de 2010, apresentaram resultados positivos para *E. coli*. Já as amostras dos dias 18 e 19 de setembro de 2010 apresentaram resultados negativos para *E.coli*, mostrando assim que após sete dias de exposição à radiação solar o sistema de tratamento SITRU é eficiente para o controle de *E.coli*, apesar de valores elevados de sólidos suspensos e de turbidez.

Segundo DANIEL (1989) a capacidade em resistir à radiação ultravioleta, para qualquer micro-organismo, reduz com o aumento da dose aplicada e, entre micro-organismos, mesmo dentro da mesma espécie, existem grandes diferenças da resistência.

A desinfecção utilizando radiação ultravioleta é mais efetiva para águas com cor e turbidez de pequeno valor, devido à necessidade de penetração da luz no meio. Portanto, a qualidade da água a ser tratada é um importante fator na utilização desse processo (DANIEL *et al.*, 2001).

Qualls e Johnson (1983) citado por Camacho (1985) relataram o efeito dos sólidos suspensos na eficiência de desinfecção do processo, que além de aumentar absorvência do efluente, escondem bactérias, no interior. Por isso, recomendaram uma pré-filtração para melhor eficiência na desinfecção.

De acordo com Aguiar (2000), foi possível verificar que um sistema dotado de reator com lâmpadas UV, teve operação bastante eficiente em termos de inativação de *E.coli* para condições de experimentos com tempos de detenção de 3 e 5 minutos, tanto para águas mais límpidas, como para águas mais turvas.

Os resultados das análises parasitológicas estão apresentados nas tabelas 5, 6 e 7.

TABELA 5

Contagem de ovos de *Ascaris* sp. em efluentes de biodigestores antes e após o sistema de tratamento por radiação ultravioleta.

Amostra	Início do tratamento	Fim do tratamento
A1	600	600
A2	1.400	400
A3	1.000	400
A4	1.600	400
A5	800	0
A6	2.200	200
A7	600	400
A8	1.400	1.000
A9	1.000	600
A10	1.600	400
A11	800	400
A12	800	400
Desvio padrão	0,1797	0,503163564

Fonte: Da autora.

TABELA 6

Contagem de oocisto de protozoários em efluentes de biodigestores antes e após o sistema de tratamento por radiação ultravioleta.

Amostra	Início do tratamento	Fim do tratamento
A1	600	600
A2	2.000	400
A3	1.000	400
A4	800	800
A5	800	0
A6	1.800	400
A7	1.800	400
A8	1.800	600
A9	1.000	600
A10	800	600
A11	1.200	200
A12	400	400
Desvio padrão	0,215763	0,506493

Fonte: Da autora.

TABELA 7

Contagem de ovos de trichostrongylídeos em efluentes de biodigestores antes e após o sistema de tratamento por radiação ultravioleta.

Amostra	Início do tratamento	Fim do tratamento
A1	800	0
A2	1.000	400
A3	1.000	400
A4	1.000	0
A5	600	200
A6	800	0
A7	800	200
A8	1.000	400
A9	800	600
A10	1.000	200
A11	400	200
A12	800	200
Desvio padrão	0,116082317	0,683262569

Fonte: Da autora.

Após análises estatísticas dos dados observou-se que não houve redução significativa, com significância de 5%, para os resultados apresentados na tabela 5, 6 e 7.

Segundo GONÇALVES (2003), de modo geral, bactérias e vírus são muito sensíveis à radiação ultravioleta, bastando doses efetivas da ordem de 20 mWs/cm² para inativar a maioria das espécies. Entretanto, o mesmo não pode ser reportado para de protozoários e helmintos, dotados de proteções naturais que permitem sua sobrevivência em ambientes adversos. As formas encistadas dos protozoários e os ovos de helmintos são resistentes às radiações ultravioletas, exigindo doses extremamente elevadas e, na maioria dos casos, antieconômicas, para resultar em eficiente inativação.

Durante o processo de desinfecção do biofertilizante no SITRU pode-se observar que a temperatura do experimento variou de 19°C a 34°C. Lembrando que os coliformes fecais continuam vivos mesmo a 44°C e que os

coliformes totais têm crescimento a 35°C. Nesse caso pode-se sugerir que a temperatura não influenciou no processo de desinfecção.

Segundo Aguiar (2000), com relação à análise em termos de eficiência, há de se observar que a inativação de *E.coli* não determina a segurança do sistema como barreira sanitária. Para isso, devem ser objeto de verificação não apenas os micro-organismos patogênicos de maior resistência ao processo de desinfecção por radiação ultravioleta, tais como vírus e cistos de protozoários, mas, também, aqueles cujas dimensões proporcionem um maior efeito de proteção exercido pelas partículas dispersas na água à ação da radiação ultravioleta. Assim, ao se estabelecer um sistema de desinfecção por radiação ultravioleta, fica evidente a necessidade de se proceder de forma abrangente à caracterização físico-química e microbiológica da água, a caracterização granulométrica das partículas dispersas e a avaliação da permanência desses parâmetros em diferentes épocas do ano.

5 CONCLUSÃO

Apesar do alto valor de cor, turbidez e de sólidos suspensos, o sistema de tratamento por radiação ultravioleta – SITRU mostrou-se eficiente para reduzir a presença de *E. coli*, porém o mesmo não foi observado no caso de ovos de *Ascaris* sp e de Trichostrongylídeos e oocistos de protozoários.

6 RECOMENDAÇÕES

- Verificar o manejo em função da temperatura, luz e tempo;
- Verificar a eficiência do processo utilizando luz artificial;
- Utilizar recipiente *pet* com diâmetro menor (500 ml);
- Verificar a eficiência do experimento nas quatro estações do ano;
- Aumentar o tempo de exposição do biofertilizante ao sol no SITRU;
- Realizar testes em amostras diluídas e com menor turbidez.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. M. S. **Avaliação do emprego da radiação ultravioleta na desinfecção de águas com cor e turbidez moderada**. Dissertação. (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000, 114f.

ALVES, R. G. C. M. **Tratamento e Valorização de Dejetos da Suinocultura Através de Processos Anaeróbios**: operação e avaliação de diversos reatores em escala real. 2007. 170p. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2007. *apud* SILVA, F. C. M. **Tratamento dos dejetos suínos utilizando lagoas de alta taxa e degradação em batelada**. 1996. 115p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington: APHA, 2001, 676 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. **Produção Mundial de Carne Suína**. São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/pt/estatisticas/mundial/producao-2.html>>. Acesso em: 13 jun. 2011.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei 6.894 de 16 de dezembro de 1980. **Dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura, e dá outras providências**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 dez. 1980. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/1980-1988/L6894.htm>>. Acesso em: 16 jun. 2011.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei n. 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. **Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 13 fev. 1998. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/leiam biental/home.htm#crimesambr>>. Acesso em: 23 maio 2011.

BRASIL. Decreto n. 4.954, de 16 de janeiro de 2004. Aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 15 jan. 2004. p. 2.

CAIRNS, W. L. UV technology for water supply treatment. **Water Supply**, New York v.13, n.3/4, p. 211-214. 1995.

CAMACHO, P. R. R. **Desinfecção de efluentes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários por meio da radiação ultravioleta**. 1995. 94f. Dissertação (Mestrado em Concentração em Tecnologia Nuclear Básica) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), Autarquia Associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

CHANG, R. **Physical chemistry with applications to biological systems**. 2. ed. New York: Macmillan, 1977. 456 p.

CHANG, R. **Physical chemistry with applications to biological systems**. 2. ed. New York: Macmillan Publishing Co., 1977. 456 p. *apud* GONÇALVES, R. F. **Desinfecção de efluentes sanitários**. Vitória, ES: Projeto PROSAB, 2003. 438 p.

DANIEL, L. A. **Desinfecção de efluentes de esgoto sanitário pré-decantado empregando radiação ultravioleta**. 1989. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil EESC-USP) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

DANIEL, L. A. *et al.* **Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável**. São Carlos, São Paulo: PROSAB, 2001. 139 p.

DANIEL, L. A.; CAMPOS, J. R. Fundamentos e aspectos de projetos de sistemas de desinfecção de esgoto sanitário com radiação ultravioleta. **Revista DAE**. São Paulo, v. 163, n. 7, p. 5-11, jan/fev. 1992.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R. E.; PERDOMO, C. C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos**. Concórdia: Bipers, 2002. (Boletim Informativo de Pesquisa Embrapa Suínos e Aves e Extensão, CNPSA/SC e EMATER/RS, n. 10).

GONÇALVES, R. F. **Desinfecção de efluentes sanitários**. Vitória, ES: Projeto PROSAB, 2003. 438 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 20 jun. 2011.

JELSOFT ENTERPRISES. **SkyscraperCity**. vBulletin, versão 3.8.7. [s.l.], 2000. Disponível em: <www.skyscrapercity.com>. Acesso em: 16 jun. 2011.

KOLLER, L. R. **Ultraviolet radiation**. New York: John Wiley & Sons, 1952. 270 p.

KONZEN, E. A. **Manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA/CNPISA, 1983, 36p. (Circular Técnica, 6).

LUCAS, J.; SANTOS, T.M.B.; OLIVEIRA, R.A. Possibilidade de uso de dejetos no meio rural. In: **WORKSHOP**: mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira, v. 1, 1999, Campinas. Memória. Embrapa Meio Ambiente, 1999. p. 42.

OLIVEIRA, P. A. V. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPISA, 1993.188p. (Documentos, 27).

OLIVEIRA, P.A.V. **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos**: manual de boas práticas. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004. 109p.

PERDOMO, C.C. **Sugestões para o manejo, tratamento e utilização de dejetos suínos**. Concórdia: EMBRAPA/CNPISA, 1999. 1p.

PHILLIPS, R. **Sources and Applications of Ultraviolet Irradiation**. Londres: Academic Press, 1983, 434p. *apud* DANIEL, L. A. **Desinfecção de efluentes de esgoto sanitário pré-decantado empregando radiação ultravioleta**. 1989. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil EESC-USP) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

QUALLS, R. G.; JOHNSON J. D. The Role of Suspended Solids in Ultraviolet Desinfection. **Wat. Poll Control Fed. J.**, v. 55, n. 10, p. 325-330, 1983 *apud* CAMACHO, P. R. R. **Desinfecção de efluentes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários por meio da radiação ultravioleta**. 1995. 94f. Dissertação (Mestrado em Concentração em Tecnologia Nuclear Básica) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), Autarquia Associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

RYER, A. D. **Light measurement handbook**. 2. ed. Newburyport: Technical Publications International, 1997. 64 p. *apud* GONÇALVES, R. F. **Desinfecção de efluentes sanitários**. Vitória, ES: Projeto PROSAB, 2003. 438 p.

SILVA, F. C. M. **Tratamento dos dejetos suínos utilizando lagoas de alta taxa e degradação em batelada**. 1996. 115p Dissertação. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1996.

SOUZA, J. B. **Desinfecção de águas com cor e turbidez elevadas**: comparação técnica de processos alternativos ao cloro empregando radiação ultravioleta e ácido peracético. 2000, 147p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000 *apud* DANIEL, L. A.; Guimarães, J. R.; Libânio M.; Brandão, C. C. S.; Luca, S. J. **Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável**. São Carlos, São Paulo: PROSAB, 2001. 139 p.

SOUZA, J. B. **Desinfecção de águas com cor e turbidez elevadas: comparação técnica de processos alternativos ao cloro empregando radiação ultravioleta e ácido peracético.** 2000, 147p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

URQUHART, G. M. *et al.* **Parasitologia veterinária.** 2. ed. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.

USEPA. **Alternative disinfectants and oxidants.** Guidance Manual, EPA 815-R-99-014. Cap. 8, p. 8, 1999.

WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). **Operation of municipal wastewater treatment plants: manual of practice MOP-11.** 5. ed. Alexandria: WEF, 1996. 1351 p. *apud* GONÇALVES, R. F. **Desinfecção de efluentes sanitários.** Vitória, ES: Projeto PROSAB, 2003. 438 p.