

Gestão Ambiental aplicada à pecuária leiteira e à indústria de laticínios



Ana Laura Ciconi Zuliani
Alessandra Bruno
Guilherme Vaz

Profª Dione Mari Mariota

Sumário

1. Introdução	1
2. Perfil da indústria de laticínios	3
3. Sobre a indústria- Fazenda Colorado	5
4. Caracterização do processo produtivo	6
5. Resíduos provenientes da pecuária leiteira	8
6. Implementação do programa de prevenção à poluição- P2.....	11
6.1. Diagnóstico da empresa- Fazenda Colorado	11
6.1.1. Caracterização dos efluentes	11
6.1.2. Caracterização do abastecimento e distribuição de água.....	18
6.2. Identificação de oportunidades	21
6.2.1. Tecnologias de digestão anaeróbia e produção de biogás: alternativa ao atual sistema de tratamento de efluentes	21
6.2.2. Destino da areia residual no efluente	26
6.3. Definição dos indicadores de desempenho	29
6.3.1. Dados coletados na Fazenda Colorado	31
6.3.1.1. Indicador 1: Consumo de energia elétrica	31
6.3.1.2. Indicador 2: Consumo de água potável	31
6.3.1.3. Indicador 3 – Utilização da água de reuso	32
6.3.1.4. Indicador 4 – Quantidade de matéria orgânica obtida na compostagem	33
7. Referências Bibliográficas	35

1.Introdução

acho que o ambiente competitivo não enseja o comprometimento com o meio ambiente

As constantes e significativas transformações que ocorrem no ambiente competitivo pressionam as pessoas a se comprometer cada vez mais com o meio ambiente. Assim, são criados sempre novos tratados, acordos, agências de controle e sistemas de gestão ambiental. As empresas têm como responsabilidade, a consideração do impacto de suas operações sobre o meio ambiente, atualmente e como perspectiva futura. Isso ocorre por uma conscientização do próprio consumidor do desenvolvimento sustentável e necessidade do uso de tecnologias verdes, além das (cada vez maiores) consequências e acidentes ambientais que sofremos como contaminação de leitos d'água, rejeitos radioativos e descartes incorretos no ambiente, destruição da camada de ozônio, pela constatação de um crescimento demográfico e econômico não sustentado. Todos esses fatores indicam a necessidade da implementação da gestão ambiental, que envolve planejamento e orientação para o alcance de metas e cumprimento de compromissos ambientais.

Tendo em mente a integração da gestão ambiental nas empresas, muitas passaram por uma estruturação, com criação de departamentos responsáveis (integração pontual), muitas vezes não suficientes; ou o envolvimento das áreas nas políticas ambientais relativas à empresa (integração matricial). Como uma primeira fase, a preocupação das empresas baseava-se na regulamentação, elaboração de relatórios e outros documentos que provassem a conformidade com normas ambientais. Hoje, ocorre uma crescente busca por políticas proativas, desenvolvimento tecnológico, medidas alternativas e conseqüentemente uma produção mais limpa, mas que em contrapartida geram custos as

empresas. Assim, procura-se associar o desenvolvimento ambiental com o desenvolvimento econômico através, por exemplo, de redução de consumo de energia, matéria-prima e substâncias tóxicas, reciclagem e reuso. **reuso tem acento - reúso**

Dessa forma, essa “aplicação” da dimensão ambiental nas atividades industriais inclui e abrange vários setores da empresa, visando **seu** comportamento da **empresa** em relação ao meio ambiente natural e social, para trazer os resultados desejados, alcançando o desenvolvimento sustentável.

Não usar verbos na primeira pessoa do singular ou do plural. Sempre na terceira pessoa

Neste trabalho, daremos foco à indústria de laticínios e à gestão ambiental dentro desse setor, visando redução de **efluentes**, reciclagem e reuso, e medidas alternativas baseados no levantamento de dados do processo e diagnóstico.

da geração de águas residuárias

2. Perfil da indústria de laticínios

De acordo com o presidente da Sind Leite-SP em entrevista à revista **IL - Indústria de Laticínios**, a produção de leite no estado de São Paulo é a que possui maior custo de mão-de-obra, terras e sobrecarga tributária, tendo uma produtividade suficiente para atender apenas a 1/3 do consumo do próprio estado (este corresponde a aproximadamente 30% do consumo nacional). A produção total de leite de São Paulo, em 2005, foi em torno de 4.765 mil litros diários, dos quais 84,4% foram entregues às empresas de laticínios.

As bacias leiteiras estão espalhadas por diferentes regiões geográficas do estado. Algumas se encontram na região noroeste, Vale do Paraíba e também próximo a Campinas. De acordo com o IBGE para o período de 1995–2004 confirmam que, ao contrário do que ocorreu na região de Campinas (perdendo sua posição de segunda maior produtora), as bacias leiteiras de São José do Rio Preto e Araçatuba, tornaram-se mais importantes em participação. Em ordem de importância, as maiores regiões produtoras, levando em conta a produção de 2004, foram: São José do Rio Preto (1.074 mil litros/dia), Vale do Paraíba (556 mil litros/dia), Ribeirão Preto (518 mil litros/dia) e Campinas (502 mil litros/dia).

Em relação às empresas de laticínio, o Estado tinha em 2006, um total de 356 empresas ativas que processavam leite e derivados: 125 sob inspeção federal e 231 sob inspeção estadual. Aquelas sob inspeção federal tinham entrepostos, postos de refrigeração, fábricas de laticínios e usinas de beneficiamento. Algumas só captam o leite, outras captam e industrializam e há aquelas que só industrializam. No sistema de inspeção estadual elas estão aptas a receber leite para processamento. Em relação ao tamanho das empresas sob inspeção federal, 44% são de pequeno porte.

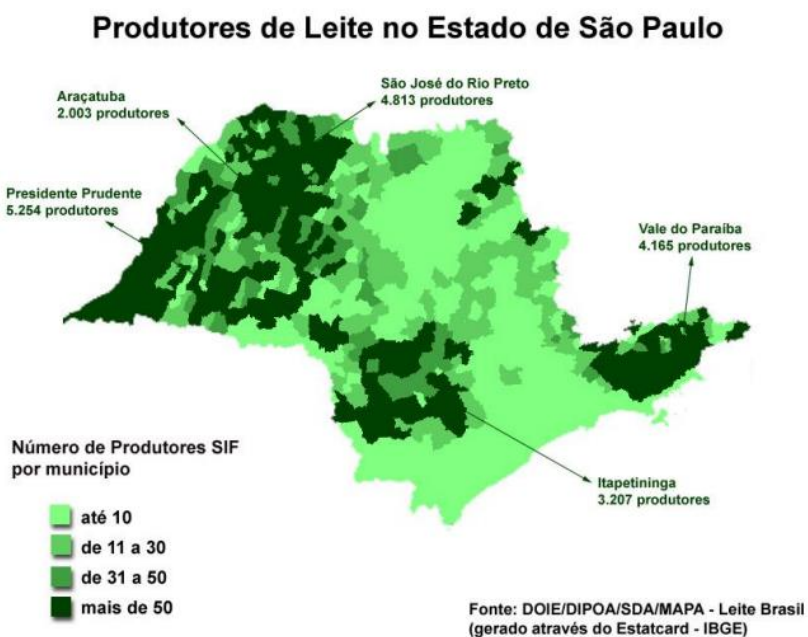


Figura 1 – Produtores de leite do estado de São Paulo



Figura 2 – Localização dos principais laticínios no estado de São Paulo

3. Sobre a indústria- Fazenda Colorado

A granja leiteira Fazenda Colorado é responsável pela produção do leite tipo "A" Xandô, comercializado nas versões integral, magro e light.

Localizada próximo à cidade de Araras, a 180 quilômetros da cidade de São Paulo, ela possui 1.700 vacas em lactação, que produzem média de 41 litros de leite por vaca por dia.

A história da Colorado começou há 50 anos, quando o empresário Lair Antônio de Souza comprou a fazenda Bom Jesus, tradicional produtora de café e leite dessa região.

A fazenda conta hoje com um rebanho de 3.700 animais, puros de origem da raça holandesa, preta e branca.



Figura 3- Vista aérea Fazenda Colorado



Figura 4 – Principais produtos oferecidos pela empresa

4. Caracterização do processo produtivo

A empresa apresenta como principal produto o leite, o qual é comercializado em três versões de acordo com o teor de gorduras presente: integral, magro e light.

Tirar vírgula O processo é composto por etapas principais: Etapa 1- Coleta do leite, Etapa 2- Pasteurização e Etapa 3- Envase.

A etapa 1, envolve a ordenha das vacas que estão localizadas no galpão de lactação. Nesta etapa pode-se identificar as entradas como sendo energia elétrica (funcionamento dos equipamentos de ordenha, sistema de *cross-ventilation* nas acomodações das vacas, sistema de refrigeração da ordenha, iluminação do ambiente), água potável (utilizada para a limpeza dos equipamentos da ordenha) e água de **reúso** (utilizada para limpeza dos galpões onde as vacas se encontram). As principais saídas desta etapa são o leite rejeitado e os efluentes líquidos proveniente **S** da limpeza do local.

Na etapa de pasteurização identifica-se a entrada de energia elétrica (equipamentos de refrigeração, bombas, agitadores, trocadores de calor), água potável (higienização dos equipamentos, da sala de pasteurização, consumo humano e abastecimento de sanitários) e produtos químicos (utilizados no processo de higienização tipo CIP). Ruído, vapor, calor e efluentes líquidos contendo produtos químicos são as saídas desta etapa.

Na terceira etapa, utiliza-se embalagens plásticas para o armazenamento do leite e energia elétrica para o funcionamento das máquinas de envase e refrigeração do produto finalizado.

As saídas podem ser caracterizados pelos restos de embalagens e resíduos de produto.

O processo de coleta de leite é realizado quatro vezes ao dia, gerando um total de 70.000 L de leite por dia.

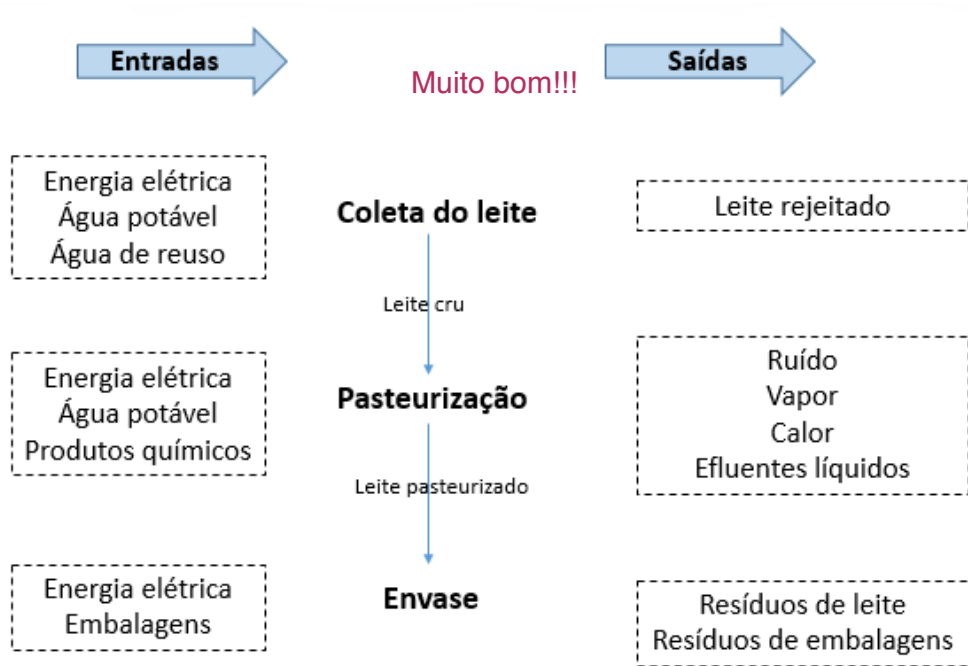


Figura – Etapas da produção de leite

5. Resíduos provenientes da pecuária leiteira

A produção diária de excretas de uma vaca leiteira de aproximadamente 400kg em peso, varia entre 38 a 50kg, sendo que 28 a 32kg são fezes e o restante urina (MATOS, 2005). Além dos resíduos gerados pelos animais, devem ser considerados também os provenientes da retirada ou processamento do leite (POHLMANN, 2000).

A quantidade de resíduo líquido gerado na pecuária leiteira é dependente do manejo adotado, podendo variar entre 40 a 600 litros de água por vaca ordenhada (CRONK, 1996). A vazão das águas residuárias das pecuárias leiteiras é função do número de animais confinados, da quantidade de água utilizada nos bebedouros, da quantidade de água utilizada na higienização das instalações e transporte hidráulico dos dejetos.

O impacto ambiental gerado pela criação de gado de leite é maior do que o produzido por gado de corte, uma vez que a produção de dejetos é superior nos gados de leite, sendo que, mesmo não havendo criação confinada ocorre retenção dos animais em estábulos para ordenha e lavagem dos equipamentos utilizados.

Um levantamento feito pelo Plano Nacional de Resíduos Sólidos, ^{citar data}apresentou a situação atual da geração de resíduos agrosilvopastoris no Brasil, incluindo a geração de resíduos da atividade de bovinocultura de leite e o potencial de geração de energia dos mesmos.

Os títulos das tabelas vem em cima. Citar referencia

Número de cabeças de gado de leite	22.435.289
Total de dejetos (ton/ano)	316.909.675
Potencial energético (MW/ano)	1.032

Tabela 1- Geração de resíduos e potencial geração de energia dos dejetos da pecuária leiteira

Águas residuárias provenientes de instalações da pecuária leiteira são compostas principalmente por urina e esterco, como também detergentes oriundos da limpeza da sala de ordenha, resíduos de leite e muco (HEALY, RODGERS e MULQUEEN, 2007). Estes efluentes orgânicos quando lançados num corpo receptor, provocam alterações físicas e

químicas nos mananciais, oferecem riscos à saúde pública e ao abastecimento, porque podem estar presentes na água potável elementos patogênicos e/ou tóxicos. Outra grave consequência é a maior demanda de oxigênio no meio aquático provocada pela estabilização da matéria orgânica, que resulta na formação de pequenas quantidades de sais minerais dissolvidos na água, principalmente nitrogênio e fósforo, cuja presença leva ao desenvolvimento excessivo de algas e consequente eutrofização de rios, riachos, lagos e lagoas (SPERLING, 1998).

A carga orgânica produzida por uma vaca é equivalente à carga orgânica produzida por 16 pessoas, considerando que uma pessoa elimina em média 54g DBO₅/dia.

Os dejetos de vacas em lactação possui um potencial nutricional que o torna passível de tratamento e posterior reutilização, devido aos altos teores de nitrogênio (0,491kg/dia), de fósforo (0,074kg/dia) e de potássio (0,223 kg/dia) (NENNICH, 2005).

A composição dos dejetos bovinos foram listadas por KONZEN & ALVARENGA (2007), o estrume sólido de bovino apresenta pH entre 7,0 a 7,5; 45 a 70 % de matéria seca; 15 a 25 kg/m³ de N; 8 a 12 kg/ m³ de P₂O₅; 8 a 15 kg/m³ de K₂O; Já as fezes misturadas com a urina apresentam pH entre 6,8 a 7,5; 12 a 15 % de matéria seca; 4,5 a 6,0 kg/ m³ de N; 2,1 a 2,6 kg/m³ de P₂O₅; 2,8 a 4,5 kg/m³ de K₂O; e o chorume (estrume + urina + água de lavagem) apresentam pH entre 7,0 a 7,5; 10 a 15 % de matéria seca; 1,5 a 2,5 kg/m³ de N; 0,6 a 1,5 kg/m³ de P₂O₅; 1,50 a 3,0 kg/ m³ de K₂O.

A grande variabilidade dos dejetos não ocorre somente em função do manejo adotado na produção, mas na forma de coleta, fontes de diluições, e ainda ocorrem variações em função do sistema de tratamento e/ou armazenamento utilizado. Os efluentes pecuários contêm normalmente uma vasta gama de **micro-organismos**, que estão presentes no trato digestivo dos animais, podendo, muitos deles, serem patogênicos. As principais categorias de microrganismos de origem fecal e com potencial patogênico são: as bactérias (*Salmonella spp.*, *Escherichia coli*, *Campylobacter spp.*, *Aeromonas hydrophila*, *Yersinia enterocolitica*, *Vibrio spp.*, *Leptospira spp.*, *Listeria spp.*), os protozoários (*Cryptosporidium parvum*, *Giardia lamblia*, *Balantidium coli*) e os vírus (vírus da hepatite E, reovírus, rotavírus, adenovírus, calicivírus, vírus da influenza) (SOBSEY et al., 2001).

6. Implementação do programa de prevenção à poluição- P2

6.1. Diagnóstico da empresa- Fazenda Colorado

6.1.1. Caracterização dos efluentes

O volume total dos efluentes líquidos gerados nas indústrias de laticínios está relacionado aos diversos procedimentos e operações realizadas. As atividades industriais que consomem uma grande quantidade de água ~~portanto~~, geram uma grande quantidade de efluentes por unidade produzida, além de gerar um grande volume de lodo nas estações com tratamento biológico (RAMJEAWON, 2000).

Na tabela ~~seguinte~~² foram identificados as principais origem dos efluentes líquidos da Fazenda Colorado ~~(Tabela 2)~~.

Etapa/ Operação	Descrição
Limpeza e higienização	- Lavagem de pisos e paredes - Limpeza da linha de produção (CIP) - Limpeza de mangueiras de abastecimento de caminhões - Limpeza dos ranchos onde se encontram os animais (flushing) - Limpeza de áreas comuns: refeitório, sanitários e vestiários
Descartes ou descargas	- Descarte de produto proveniente da operação de envase perdido durante o processo - Descarte de produto nas linhas de produção devido a paradas de energia ou manutenções

Tabela 2- Principais atividades geradoras de efluentes líquidos

A Fazenda Colorado possui cerca de 3700 vacas, das quais 1700 encontram-se em período de lactação.

O principal efluente desta indústria são os resíduos de limpeza dos dejetos das vacas e os resíduos da higienização feita nos laticínios.

A operação de higienização das indústrias de laticínios tem como objetivo primordial a remoção de resíduos orgânicos e minerais aderidos às superfícies, constituídos principalmente por proteínas, gorduras, carboidratos e minerais. Em geral, a higienização dos laticínios utiliza o sistema de limpeza “Cleaning In Place” (CIP). O Sistema Brasileiro de Respostas Técnicas – SBRT (2007) descreve as etapas que envolvem o sistema CIP de limpeza, conforme o fluxograma ilustrado na figura a seguir (Figura 5).

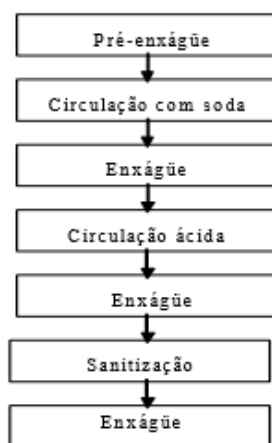


Figura 5- Fluxograma do processo de higienização CIP

O sistema CIP é um método usado em plantas de processamento de alimentos e bebidas para higienização das máquinas de envase e equipamentos de processamento, como tubos, tanques e trocadores de calor, através da circulação e recirculação automática de detergentes e soluções de enxague, até a limpeza total e sanitização em circuito fechado.



Figura 6 – Sala de equipamentos e produtos utilizados na limpeza CIP

A figura 6 mostra

As figuras acima representam a sala onde se encontram os equipamentos utilizados na limpeza CIP e os produtos químicos utilizados pela indústria citada.

Os efluentes diários tem um volume de aproximadamente 2700 m³, sendo que a sua maior contribuição é proveniente da limpeza dos ranchos ao ar livre onde se encontram as vacas que não estão em período de lactação (vacas secas), a maternidade onde encontram-se os novilhos, os galpões de lactação onde encontram-se as vacas em período de lactação e o espaço da ordenha.

O método de limpeza utilizado nestes espaços é feita em duas etapas: em uma primeira etapa ocorre a raspagem, feita com o auxílio de tratores, onde a maior parte dos resíduos sólidos são coletados (fezes, restos de ração e areia). A segunda etapa denominada *flushing* consiste em um jato de água pressurizado que arrasta consigo os resíduos acumulados nos frisos do piso (Figura7 e Figura 8).



Figura 7- Realização do flushing no galpão de lactação



Figura 8- Realização do flushing na área do bezerreiro

A periodicidade dessa limpeza varia de acordo com o tipo de atividade realizada no local, podendo ser coleta de leite ou acondicionamento dos animais.

A água utilizada no flushing depende do tipo de animal que está acondicionado e também da atividade realizada no local (Tabela 3).

Por que não se usa água de reúso na maternidade e no bezerreiro?

Local	Atividade	Periodicidade flushing	Tipo de animal	Fonte de água flushing
Maternidade	Acondicionamento	2 vezes ao dia	Bezerro	Água de represa
Bezerreiro	Acondicionamento	2 vezes ao dia	Bezerro	Água de represa
Ordenha	Coleta de leite/ Acondicionamento	A cada fim de ordenha	Vacas em lactação	Água de reúso - ETE
Rancho aberto	Acondicionamento	2 vezes ao dia	Vacas secas	Água de reúso – ETE

Tabela 3- Condições e periodicidade do flushing em diversas áreas

Os volumes de efluente líquido gerado pela fazenda equivalem a uma cidade de aproximadamente 30.000 habitantes para tratamento convencional, já em volume de carga orgânica, ou seja, DBO₅ e DQO, equivalem a uma cidade de 200.000 habitantes.

Acho melhor usar os termos técnicos da engenharia ambiental e não a terminologia usada pela Fazenda

Qual é o tratamento químico?
Durante sua implementação, optou-se por um tratamento físico mesclado com um descarte biológico e químico, constituído pela prainha, equalizador, peneiras, decantador de lodo fino

e tanque de aeração. Primeiramente, todo o efluente captado é direcionado a partir de canaletas à prainha, onde pela diminuição de sua ~~vazão devido a sua grande área~~ ^{velocidade}, é possível sedimentar a areia que se encontram em grande quantidade no efluente líquido da fazenda. Após a sedimentação, a porção líquida é direcionada ao equalizador para adequada mistura, homogeneização e equalização das vazões. O efluente é direcionado ao decantador de lodo fino: o lodo gerado nesta etapa é levado para a caixa de lodo e a sua porção líquida é direcionada às peneiras estáticas, equipadas com rolos compressores, é possível reduzir o teor de matéria orgânica e utilizá-la posteriormente na etapa de compostagem. A porção líquida eliminada nas peneiras é encaminhada aos tanques de aeração, onde 80% deste efluente sem cheiro, retorna para realização do flushing nos ranchos abertos e no galpão de lactação, uma vez com uma carga de ^{concentração de 2 mg/L de O₂} 2mg/kg de O₂, não há fermentação do efluente, não

Em vez de prainha, caixa de areia; em vez de decantador de lodo fino, decantador primário

O sistema de tratamento é o de lodos ativados

gerando gás sulfídrico e mercaptanas responsáveis pelo mal odor. A partir deste ponto, apenas 20% do efluente inicial seria destinado à fertirrigação, sendo previamente tratado biologicamente por três reatores anaeróbios de fluxo ascendente (UASB), em seguida entrariam em um flotador que retiraria toda sua carga orgânica reduzindo totalmente a DBO₅, e mantendo parte da DQO podendo ser encaminhado ao curso d'água e para a fertirrigação, já o lodo do flotador e do decantador seriam encaminhados para o tridecanter e incluídos como matéria orgânica nas peneiras.

Os reatores anaeróbios deveriam vir primeiro por causa da alta concentração de carga orgânica. Muito estranha esta concepção

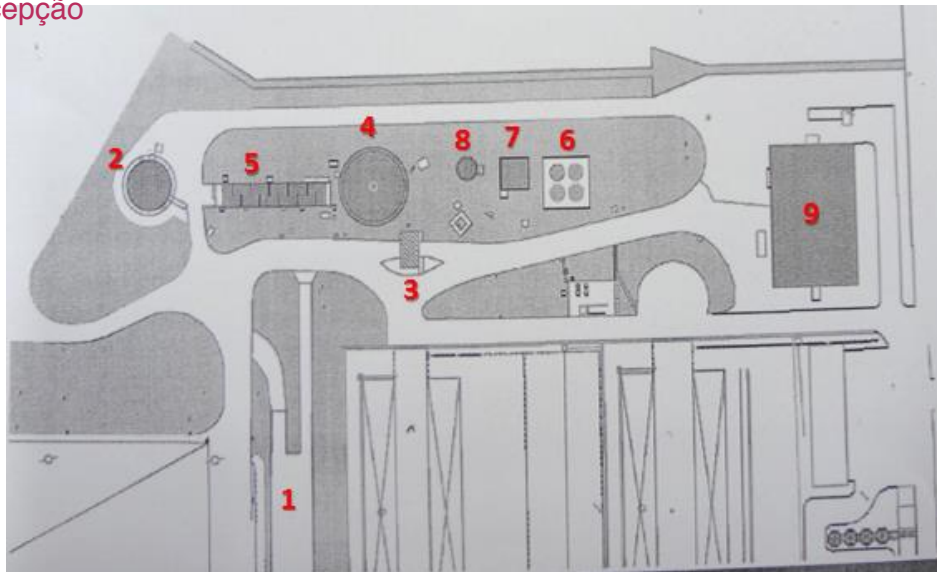


Figura 9- Planta baixa da ETE Fazenda Colorado

Na figura acima, podemos identificar os equipamentos utilizados em cada etapa e sua disposição na área da ETE.

- | | |
|----------------------------|-------------------------------------|
| 1- Prainha | 7- Reservatório anexo aos reatores |
| 2- Equalizador | 8- Caixa de lodo |
| 3- Peneiras estáticas | 9- Reservatório de efluente tratado |
| 4- Decantador de lodo fino | |
| 5- Aeradores | |
| 6- Reatores UASB | |

poderá ter ou tem?

A matéria orgânica resultante das peneiras e do tridecanter, poderá ter três destinos: a aplicação direta no campo, aplicação de compostagem e a produção de biogás, sendo a compostagem a alternativa mais utilizada.



Figura 11- Resíduo sólido proveniente das peneiras



Figura 12- Áreas de compostagem

Porém, devidos a problemas administrativos, a fazenda não possui flotador e também não possui o tridecanter, citados anteriormente como parte do tratamento.

O efluente, após deixar os reatores do tipo UASB, direciona tanto sua porção líquida quanto sua porção de lodo a dois reservatórios, de onde são captados e destinados inteiramente a fertirrigação.

A areia coletada na prainha é reincorporada ao próprio solo da fazenda, que por possuir característica argilosa, torna-se mais permeável com a incorporação da areia.

6.1.2. Caracterização do abastecimento e distribuição de água

As águas que abastecem a indústria são originadas em 6 poços artesianos localizados ao longo da propriedade e por represas que ocupam 29,2686 hectares da área total da fazenda. As águas captadas dos poços artesianos passam pelo processo de cloração feito na forma de pastilhas com cloro localizadas ao longo dos reservatórios, e são utilizadas para a lavagem da ordenha (área de coleta do leite), bebedouros, placas evaporativas e consumo humano. Já a água proveniente da represa não passa por nenhum processo de purificação, uma vez que essa será utilizada para a higienização (flushing) dos bezerreiros e maternidade, optou-se por utilizar a água da represa devido a ingestão pelos animais mais novos durante o flushing.



Figura 13 – Reservatórios e bicas de irrigação

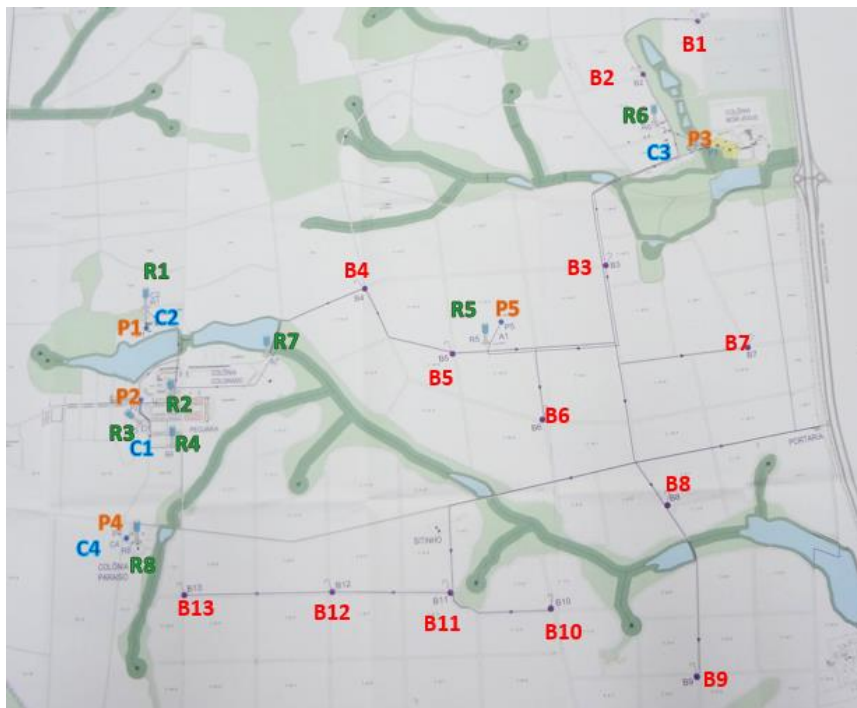


Figura 14- Esquema de distribuição e captação de água

Onde:

Reservatórios	R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8
Poços artesianos	P1, P2, P3, P4, P5, P6
Cloradores	C1, C2, C3, C4
Bicas de irrigação	B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9, B10, B11, B12, B13

Para a realização do flushing nos ranchos abertos e no galpão de lactação é utilizada a água de reuso proveniente do tratamento de efluentes. Para a higienização da área da ordenha, é

utilizada água proveniente dos poços artesianos. Já nos bezerreiros e maternidade, utiliza-se água vinda das represas.

Disponibilidade de Água (m³/dia)				
Situação	Poço Artesiano	Represa 1	Reuso (80%)	Total
Sem reuso	587,0	1286,0	-	1873,0
Com reuso- ETE	587,0	376,0	1882,0	2679,0

Tabela 4- Disponibilidade de água na Fazenda Colorado, antes e após a utilização da água de reuso

Volume consumido (m³/dia)		
Localização	Origem	Volume
Galpão de lactação	Reuso	1404,0
Vacas secas	Reuso	52,0
Ordenha	Represa	324,0
Bezerreiros	Represa	52,0
Galpão da maternidade	Reuso	260,0
Laticínio	Poço	587,0
Total	2679,0	

Tabela 5 – Volume de água consumido em cada área da indústria e a origem da água utilizada

6.2. Identificação de oportunidades

6.2.1. Tecnologias de digestão anaeróbia e produção de biogás: alternativa ao atual sistema de tratamento de efluentes

O atual sistema de tratamento de efluentes da Fazenda Colorado, não dispõe de todos os equipamentos mencionados no projeto, há ausência do flotador e do tridecanter, impossibilitando o direcionamento deste efluente tratado para o corpo d'água.

Devido a problemas de dimensionamento e problemas elétricos, o sistema muitas vezes encontra-se inoperante, havendo um acúmulo de efluente no equalizador, nos aeradores, nos decantadores e nos reservatórios (lagoas), ocasionando mal cheiro e proliferação de moscas.

O que é isto????? Sempre o tanque de aeração é assim? Está com problema de intumescimento filamentososo - comum para o sistema de lodos ativados. Ele não é a melhor alternativa de tratamento deste tipo de água residuária



Figura 15- Representação do acúmulo de resíduo em diversas etapas do tratamento

Atualmente, todo o efluente tratado é destinado a fertirrigação (áreas de plantio de capim “coast-cross” (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) e a compostagem.



Figura 16- Área de plantio beneficiada pela fertirrigação e coleta do capim

Tirar vírgula

A inserção do processo de digestão anaeróbia dentro das atividades humanas, trouxe como resultado benefícios energéticos, ambientais e econômicos, principalmente como decorrência da redução de até 90% da matéria orgânica produzida, por meio do confinamento dos detritos animais e restos de cultura na ausência de oxigênio em câmaras de fermentação, denominados biodigestores.

O princípio de funcionamento dos biodigestores se baseia no processo anaeróbio. Se trata de um ambiente criado de forma artificial e favorável ao desenvolvimento de bactérias anaeróbias.

O processo da biodigestão anaeróbica envolve reações bioquímicas realizadas em basicamente três estágios (hidrólise, fermentação acidogênica e metanogênica), por diversos tipos de bactérias, na ausência de oxigênio. O grupo de bactérias fundamental nesse processo é o grupo de bactérias metanogênicas, que atuam na última etapa, formando o metano (CH_4) (LUCAS JUNIOR, 1994).

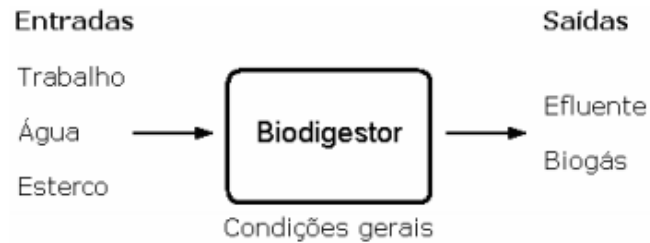


Figura 17- Esquema das entradas e saídas de um biodigestor

Na hidrólise ocorre a transformação dos materiais orgânicos complexos (Ex: polímeros de carboidratos, proteínas, lipídeos), em materiais dissolvidos mais simples (EX: açúcares, aminoácidos, peptídeos) (CHERNICHARRO, 1997).

Segundo LETTINGA et al, (1996) na anaerobiose a hidrólise ocorre de forma lenta, pois é afetada por diversos fatores alterando as taxas em que o material é hidrolisado.

Na Acidogênese os produtos oriundos da hidrólise são metabolizados e convertidos em principalmente ácidos graxos voláteis, ou seja, compostos mais simples. Há a produção de álcoois, ácido láctico, gás carbônico, hidrogênio, amônia e sulfeto de hidrogênio.

Na acetogênese os produtos da acidogênese são oxidados formando o substrato para as bactérias metanogênicas (hidrogênio, dióxido de carbono e acetato), sendo na fase metanogênica pela especificidade com que os microorganismos utilizam-se do substrato as arqueias formam dois grupos principais conhecidas como acetoclásticas (formam metano à partir do acetato) e hidrogenotróficas (produtoras de metano através do hidrogênio e dióxido de carbono) (CHERNICHARRO, 1997).

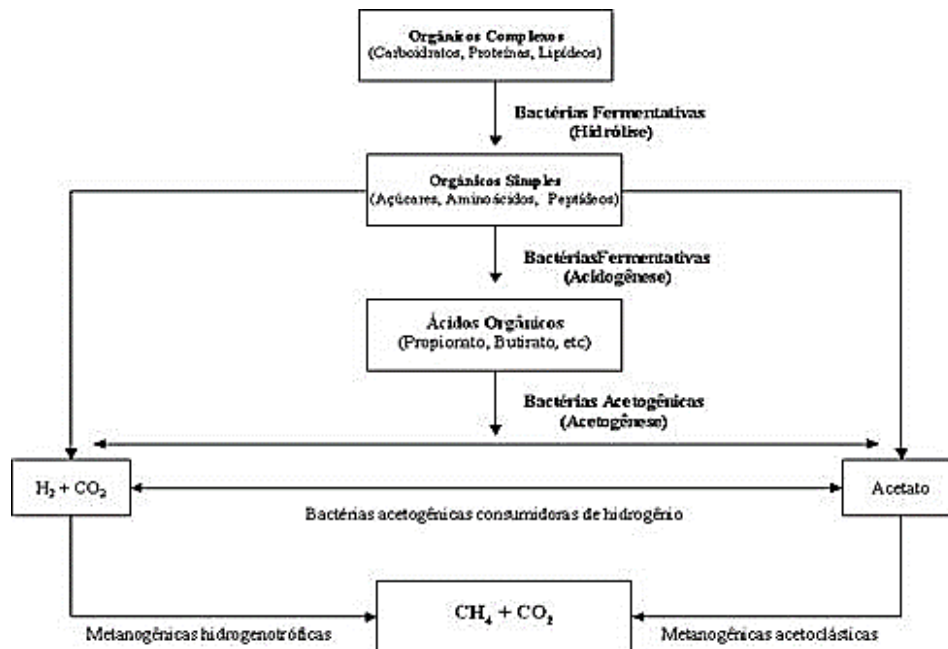


Figura 18– Etapas da biodigestão anaeróbia

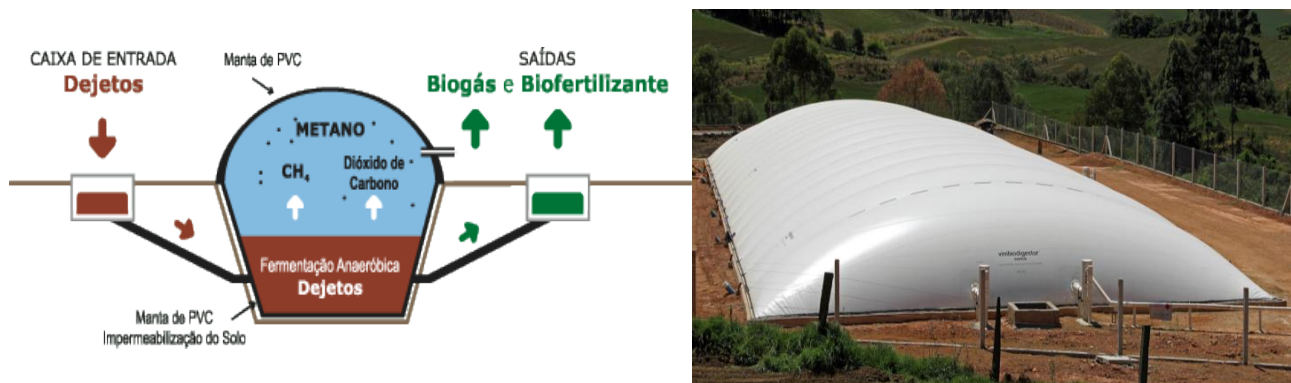
[Citar fonte](#)

Para que o processo de biodigestão anaeróbia ocorra é necessário garantir alguns requisitos, sendo que um processo eficiente depende dos nutrientes fornecido aos microrganismos.

Segundo LETTINGA et al., (1996), em ordem decrescente de importância é necessário o fornecimento de nitrogênio, enxofre, fósforo, ferro, cobalto, níquel, molibdênio, riboflavina e vitamina B12. A temperatura também é um fator de grande influência ao processo. A temperatura ótima, ou seja, aonde o crescimento é máximo, é de 30 a 35 °C na faixa mesofílica e de 50 a 55 °C na faixa termofílica, apesar da formação de metano ocorrer em uma faixa bastante ampla de 0 a 97 °C (CHERNICHARRO, 1997).

Os sistemas de tratamento anaeróbios são mais apropriados como uma primeira etapa no tratamento de efluentes com elevadas concentrações de matéria orgânica, como por exemplo é o caso específico dos efluentes de confinamentos de vacas leiteiras. A remoção de DBO é satisfatória, ocorre sem gasto de energia elétrica e com a utilização de reduzidas

áreas de implantação. O tratamento anaeróbio exclusivamente não tem como objetivo a purificação da água e sim a destruição e estabilização da matéria orgânica pra um tratamento secundário posterior (VON SPERLING, 1998).



Citar referencia

Figura 19- Esquema de um biodigestor e um biodigestor instalado

Um sistema adequado de biodigestão leva em consideração fatores como a quantidade de dejetos a ser tratado, o tipo de criação (pastagem ou confinamento), a frequência de captação de dejetos e a disponibilidade de água. Para a seleção da opção adequada, aspectos financeiros, assim como a destreza para operara e reparar o biodigestor, devem ser considerados.

A prática ensina que um biodigestor deve ser desenvolvido de acordo com as necessidades do local no momento da instalação. Já o dimensionamento devem ser considerados outros parâmetros como tempo de retenção, a profundidade da câmara de fermentação, a relação largura/comprimento e a caixa de carga e descarga.

6.2.2. Destino da areia residual no efluente

Como descrito anteriormente, os efluentes provenientes da pecuária leiteira da Fazenda Colorado possui uma elevada taxa de areia, devido a areia ser utilizada como cocho para as vacas se deitarem. Ao final de cada ordenha, a areia que contém fezes e restos de ração é descartada e uma nova areia é colocada no local.

Ler sobre compost barn: a cama é de serragem, aparas e esterco compostado. Ocorre a compostagem da cama.



Veja <http://water.epa.gov/scitech/wastetech/guide/cafo/proposedrule-docs.cfm>, principalmente o capítulo 8. Ele traz todas as oportunidades de prevenção à poluição, desde alteração na dieta das vacas até os sistemas de tratamento mais adequados (com custos). Não se assuste com o tamanho do texto, pois ele dá todas as formas de confinamento. Você só lê o relativo ao das vacas.

Esse excesso de areia torna-se um problema à medida que seu acúmulo traz danos as tubulações, desgaste de equipamentos e fica retida no lodo, tornando o processo de tratamento de efluentes ainda mais difícil.

Com o objetivo de minimizar a quantidade de areia presente no efluente, criou-se um espaço denominado “prainha” onde os resíduos coletados são capazes de fluir com um menos escoamento havendo a sedimentação de resíduos sólidos de maior densidade (areia), porém os resíduos com menor densidade (matéria orgânica) fluem com o restante do efluente dando continuidade ao tratamento.



Figura 21 – Prainha Fazenda Colorado

Através da Figura 20, é possível perceber a formação de ilhas de areia ao longo da prainha e com isso a geração de um ~~caminhão~~ ^{caminho} preferencial do efluente, não havendo assim a sedimentação necessária da areia. Esse acúmulo de areia em ilhas é devido a pequena ^{a velocidade precisa ser controlada no final da caixa para que ela funcione; não é a vazão que c} extensão que a prainha possui, não havendo espaço suficiente para a diminuição da vazão e com isso a consequente sedimentação. A areia não sedimentada continua seguindo o fluxo do tratamento de efluentes gerando os problemas anteriormente citados.

Um outro problema identificado foi a falta de periodicidade na retirada da areia retida na prainha, contribuindo ainda mais para o acúmulo de areia no efluente.

Toda a areia coletada da prainha é reincorporada ao solo, auxiliando na sua permeabilidade, porém isso pode levar rapidamente o solo à uma degradação física, química e biológica, diminuindo assim seu potencial produtivo.

A alternativa mais indicada para a recuperação da areia, sob aspectos econômicos e ambientais, seria a sua recuperação por meio de processos físicos. O processo consiste de uma sequência de hidrociclones que tem por finalidade a separação sólido-líquido. Com uma

alimentação tangencial, o equipamento gera um vortex desentende que faz com que as partículas de maior densidade realtiva sejam projetadas contra a parede e arrastadas até a saída inferior do mesmo (underflow). Já as partículas menores são arrastadas para o centro do equipamento formando um vortex ascendente, saindo pelo orifício superior denominado overflow.

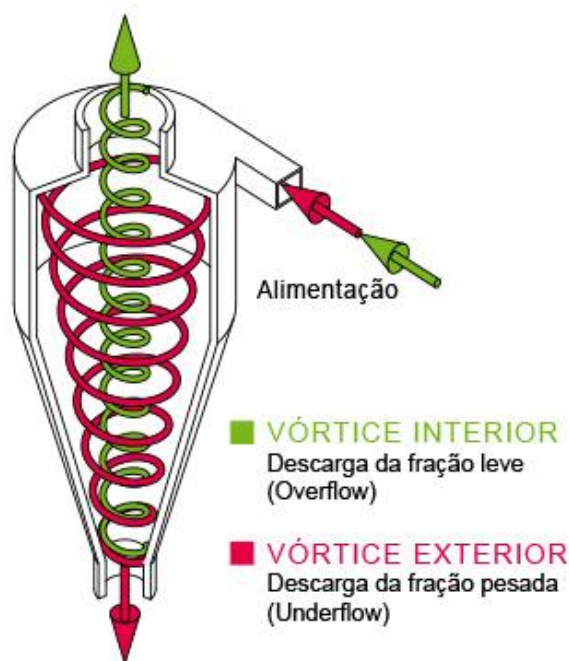


Figura 22- Esquema de um hidrociclone

Desta maneira a areia proveniente do efluente seria secada e separada das demais impurezas, podendo ser reutilizada nos cochos do animais, minimizando o impacto sobre o tratamento de efluentes e viabilizando economicamente esse processo.

6.3. Definição dos indicadores de desempenho

Segundo o *World Business Council for Sustainable Development- WBCSD*, os indicadores de desempenho ambiental são medidas específicas de um aspecto individual que podem ser usadas para avaliar e demonstrar o desempenho de uma companhia em relação a sua eco-eficiência. O WBCSD divide os indicadores de eco-eficiência em três grandes categorias, relacionada com seus aspectos de influência.

Categoria do Indicador	Aspecto
Valor do produto ou serviço	- Volume ou massa - Valor monetário - Função
Influência ambiental associada à manufatura de produtos e serviços	- Consumo de energia - Consumo de materiais - Consumo de recursos naturais - Geração de subprodutos e resíduos - Eventos não programados
Influência ambiental associada ao uso dos produtos e serviços	- Característica do produto ou serviço - Resíduos de embalagens - Consumo de energia - Emissões durante o uso e disposição

Tabela 6– Classificação de indicadores ambientais segundo WBCSD Fonte

De acordo com Phillip Jr., Malheiros e Aguiar (2004), na prática os indicadores de eco-eficiência mais aplicados são aqueles que expressam estratégias para reduzir a intensidade de material e energia; reduzir a dispersão de substância tóxicas; aumentar a durabilidade dos produtos e a intensidade dos serviços; ampliar o uso da reciclagem e maximizar o uso de fontes renováveis.

Os indicadores tem uma série de aplicações e agregam uma grande quantidade de informações de diferentes fontes em um formato que permite o entendimento, a comparação e manipulação dos aspectos.

Uma vez aplicados os indicadores, a empresa tem condições de estabelecer objetivos e metas; gerenciar as ações que serão implementadas para a melhoria do desempenho.

Os indicadores possuem então as principais funções, segundo Gallopin (2003):

- Avaliar condições e tendências em relação aos objetivos e metas;
- Refletir o status do sistema;

- Fornecer sinais de alerta antecipatórios;
- Antecipar condições e tendências futuras;
- Comparar diferentes lugares e situações;
- Salientar o que está acontecendo em um sistema amplo;

De acordo com Azapagic e Perdan (2003), no contexto de produção sustentável, um indicador deve permitir a identificação de alternativas mais sustentáveis através das seguintes ações:

- Comparação de produtos similares produzidos por diferentes empresas;
- Comparação de diferentes processos para a produção de um mesmo produto;
- Comparação de unidades dentro de uma corporação;
- Avaliação do progresso em relação ao desenvolvimento sustentável dentro de um setor;

Com base nestas informações, optou-se por definir os indicadores da Fazenda Colorado de acordo com a tabela XX, cuja unidade é sempre referente ao litro do leite produzido.

Tipo	Dados coletados		Unidade
Entrada	1	Consumo de energia elétrica	kWh/L de leite produzido
	2	Consumo de água potável	L/L de leite produzido
	3	Utilização da água de reuso	L/L de leite produzido
Saída	4	Quantidade de matéria orgânica obtida na compostagem	Kg/L de leite produzido
	5	Vazão de efluente líquido gerado	L/L de leite produzido
	6	Quantidade de areia captada do efluente	m³/L de leite produzido
	7	Quantidade de produto químico utilizado (CIP)	kg/L de leite produzido
	8	Quantidade de embalagens plásticas com defeito	Kg/L de leite produzido
	9	Vazão de efluente destinado à fertirrigação	L/L de leite produzido

Tabela 7 – Indicadores de desempenho ambiental da Fazenda Colorado.
Teor de matéria orgânica na areia
Quantidade de matéria orgânica do efluente industrial e tratado - KgDBO/L de leite produzido

Quantidade de Nitrogênio no efluente industrial e tratado

Quantidade de Fósforo no efluente industrial e tratado

Quantidade de nitrato na água subterrânea

Teor de hormônios no solo

Quantidade de composto

Quantidade de coliformes termotolerantes no efluente industrial e tratado

Quantidade de nitrogênio, fósforo e potássio no composto

Quantidade de cobre e zinco no efluente industrial e tratado e no composto

6.3.1. Dados coletados na Fazenda Colorado

Os dados coletados são referentes ao monitoramento realizado do dia 23 a 29 de janeiro de 2015.

6.3.1.1. Indicador 1: Consumo de energia elétrica

(Aguardando dados da empresa)

6.3.1.2. Indicador 2: Consumo de água potável

As informações coletadas em relação ao consumo de água potável encontram-se na Tabela 8.

Consumo de água potável			
Localização	Origem	Vazão Volumen (L/dia)	Uso
Ordenha	Represa	324.000	- Limpeza de equipamentos da ordenha
Bezerreiros	Represa	52.000	- Realização do <i>flushing</i> - Consumo dos animais
Laticínio	Poço artesiano	587.000	- Processo de higienização (CIP) - Limpeza do chão de fábrica - Consumo humano - Abastecimento dos sanitários
Total	963.000 L/dia = 13,75 L/L de leite produzido		

Tabela 8 – Dados referentes ao consumo de água potável

Para o cálculo do indicador, utilizou-se o volume de leite produzido por dia que é de 70.000 L/dia.

6.3.1.3. Indicador 3 – Utilização da água de reuso

O atual sistema de tratamento de efluentes da empresa permite o reuso de cerca de 80% do efluente líquido tratado para sua utilização no processo de *flushing* de determinados locais.

Utilização da água de reuso			
Localização	Origem	Volume (L/dia)	Uso
Galpão de lactação	Reuso	1404.000	-Realização do processo de <i>flushing</i>
Vacas Secas	Reuso	52.000	
Galpão maternidade	Reuso	260.000	
Total	1716.000 L/dia = 24,51 L/L de leite produzido		

Tabela 9 – Dados sobre a utilização de água de reuso

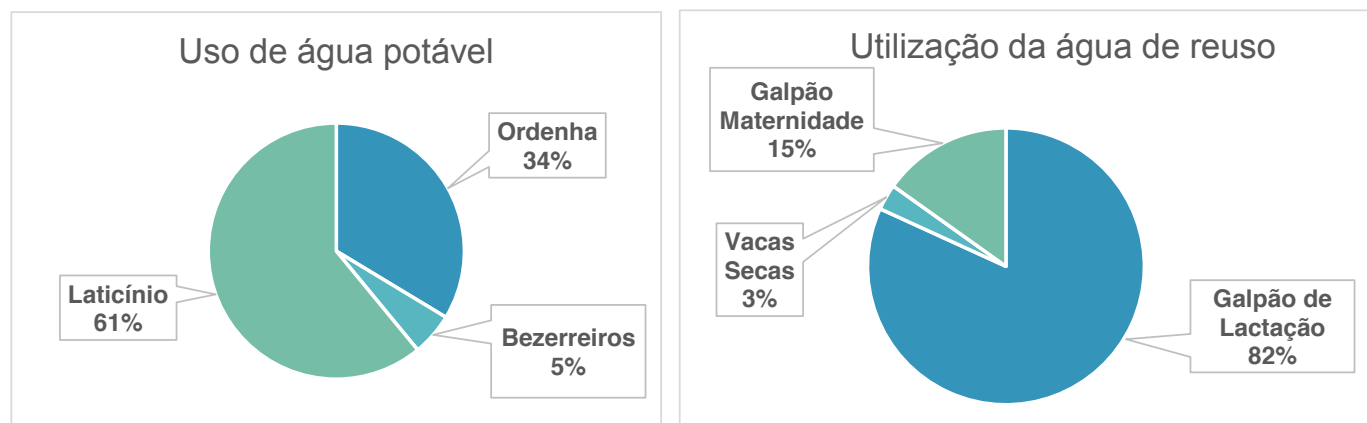


Figura – Gráficos correspondentes ao local de utilização de água potável e de reuso

6.3.1.4. Indicador 4 – Quantidade de matéria orgânica obtida na compostagem

O efluente líquido coletado é destinado à ETE, onde passa por diversas etapas, uma delas inclui-se o peneiramento realizado por peneiras estáticas que tem como objeto reduzir a quantidade de sólidos orgânicos durante o tratamento e destinar este resíduo para a compostagem.

Coleta de sólidos orgânicos por peneiramento			
Data	Volume de efluente (L/dia)	Teor de sólidos orgânicos (%)	Volume peneirado (L/dia)
23/01/2015	265.540	1,28	3.399
24/01/2015	264.660	1,17	3.097
25/01/2015	259.600	1,42	3.686
26/01/2015	259.600	1,25	3.245
27/01/2015	257.400	1,32	3.398
28/01/2015	259.800	1,29	3.352
29/01/2015	220.020	1,48	3.356
Média diária	255.231,34 L/dia	1,31	3.361,85 L/dia
Total	3,65 L/L de leite produzido	-	0,05 L/L de leite produzido

Tabela 10 – Dados referentes a coleta de sólidos orgânicos por meio do peneiramento

Os sólidos finamente particulados não são retidos pelas peneiras, mas ainda podem ser coletados através da dragagem feita no decantador de lodo fino. A tabela abaixo (Tabela 11) mostra os volumes de sólidos coletados por meio da dragagem.

Coleta de sólidos orgânicos por dragagem do decantador de lodo fino			
Data	Volume de efluente no decantador (L/dia)	Teor de sólidos orgânicos (%)	Volume peneirado (L/dia)
23/01/2015	52.142	6,20	3.233
24/01/2015	51.970	5,85	3.040
25/01/2015	50.976	5,94	3.028
26/01/2015	50.976	6,35	3.237
27/01/2015	50.544	7,20	3.639
28/01/2015	51.019	6,32	3.224
29/01/2015	43.200	7,47	3.227
Média diária	50.118,14 L/dia	6,47	3232,57 L/dia
Total	0,71 L/L de leite produzido	-	0,046 L/L de leite produzido

Tabela 11- Dados referentes a coleta de sólidos orgânicos pela dragagem do decantador

7. Referências Bibliográficas

CHERNICHARO, C. A. de L., 2008 – “Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Reatores Anaeróbios – Vol. 5.”

JOHANN, A. da S. T. Desenvolvimento de tecnologia alternativa para tratamento de efluente de limpeza dos currais de gado leiteiro. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Toledo, 2010.

LUCAS JÚNIOR, J. Estudo comparativo de biodigestores modelo indiano e chinês. 1987.114 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 1987.

SILVA, S.A. Tratamento biológico da águas residuárias. São Paulo: Edição CETESB e ABES, 1979. 50 p.

PHILIPPI Jr. A., MALHEIROS T. F., AGUIAR A. O., 2004- Indicadores de desenvolvimento sustentável- Saneamento, saúde e ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável, Manole, p.761-808.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

VAN HAANDEL, A. C.; LETTINGA, G., 1994, Tratamento anaeróbio de esgoto. Um manual para regiões de clima quente, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, PB, Brasil.

ZOCCAL, R. Classificação mundial dos principais países produtores de leite - 2005. Embrapa Gado de Leite. Disponível em: <<http://www.lacteabrasil.org.br/pagina.asp?idS=158idN=103>>. Acesso em: 20 set. 2015