



Eixo: Gestão Ambiental

Aula 3. Lagoas de Estabilização

SEAMA - IEMA - AGERH - IDAF - BPMA

Lei Estadual n° 4.126/1988



GOVERNO DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Gestão
e Recursos Humanos
Secretaria do Meio Ambiente
e Recursos Hídricos

2024

Conteúdo do treinamento



Vamos agora entrar no mundo das Lagoas de Estabilização



Lagoa Foto: corsan

Vamos agora entrar no mundo das Lagoas de Estabilização

Histórico;
Conceito e classificação;
Eficiência e aplicabilidade das lagoas;
Lagoas anaeróbicas;
Lagoas facultativas;
Lagoas em série – Sistema australiano



2.1 Histórico de lagoas de estabilização

Há séculos existem lagoas naturais ou artificiais que recebem despejos de animais, de usos domésticos, e de pequenas comunidades, que, sem que os especialistas se deem conta, realizam os fenômenos típicos e próprios de depuração das lagoas de estabilização.

As primeiras lagoas, de origem acidental, em que os fenômenos do tratamento de esgoto foram constatados, parecem ter sido as de Santa Rosa, na Califórnia (USA, 1924).

2.1 Histórico de lagoas de estabilização

Em Santa Rosa, para se evitar o custo de uma estação de tratamento, se fez passar o esgoto sobre um leito de pedras, acreditando-se que este teria um efeito de filtro percolador. O que veio a ocorrer foi a colmatação dos vazios e uma acumulação de esgotos até 0,90m de altura – mas o efluente desta “lagoa” tinha características equivalentes às de um filtro biológico.

No Brasil, a primeira lagoa construída foi a de São José dos Campos, São Paulo, no sistema australiano, isto é, duas lagoas em série, uma anaeróbia seguida de uma facultativa.

A finalidade do convênio era operar esta lagoa a ser construída e estabelecer parâmetros de projeto de lagoas em nosso País.

2.2 – Conceito e Classificação

As lagoas de estabilização são sistemas de tratamento biológico em que a estabilização da matéria orgânica é realizada pela oxidação bacteriológica (oxidação aeróbia ou fermentação anaeróbia) e/ou redução fotossintética das algas.

De acordo com a forma predominante pela qual se dá a estabilização da matéria orgânica a ser tratada, as lagoas costumam ser classificadas em:

Anaeróbias: nas quais predomina processo de fermentação anaeróbia; imediatamente abaixo da superfície não existe oxigênio dissolvido.

2.2 – Conceito e Classificação

Facultativas: nas quais ocorrem, simultaneamente, processos de fermentação anaeróbia, oxidação aeróbia e redução fotossintética; uma zona anaeróbia de atividade bêntica é sobreposta por uma zona aeróbia de atividade biológica, próxima a superfície; as lagoas facultativas são chamadas primárias, quando recebem esgoto bruto, e secundárias quando recebem o efluente de outra lagoa, em geral anaeróbia.

Organismos bênticos ou bentônicos são aqueles que vivem associados ao substrato

2.2 – Conceito e Classificação

Estritamente aeróbias: nas quais se chega a um equilíbrio da oxidação e da fotossíntese para garantir condições aeróbias em todo o meio; é comum chamar-se de aeróbias as lagoas facultativas, embora não seja plenamente correto.

De maturação: tem objetivo principal remover organismos patogênicos: reduz bactérias, vírus, cistos de protozoários e ovos de helmintos: a parcela de redução de sólidos em suspensão e da DBO é negligenciável;

De polimento: tem objetivo principal o refinamento de outro processo biológico em particular de um reator anaeróbio de fluxo ascendente, objetivando uma remoção adicional de DBO, nutrientes e organismo patogênicos;

2.2 – Conceito e Classificação

Com macrófitas: usada como polimento final de um tratamento por lagoas, com objetivo de reduzir nutrientes, sólidos em suspensão e a DBO remanescente.

Várias experiências práticas indicam também a redução de metais. Este tipo de lagoa requer manutenção intensiva (corte regular das plantas que crescem rapidamente, secagem e destino final), e as áreas sombreadas incentivam a proliferação de moscas e mosquitos, razões pelas quais não é recomendável.



2.2 – Conceito e Classificação

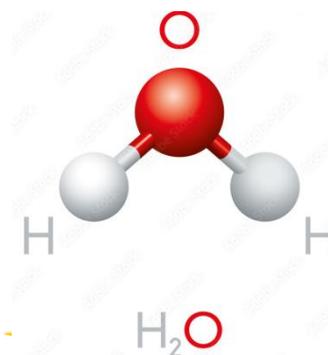
As lagoas de estabilização são lagoas, quer naturais ou artificiais, em que prevalecem condições técnicas adequadas aos fenômenos físicos, químicos e biológicos que caracterizam a autodepuração.

A matéria orgânica é estabilizada principalmente por ação de bactérias, embora alguns fungos e protozoários também participem.

As bactérias produzem ácidos orgânicos, sob condições anaeróbicas, ou CO_2 e água em condições aeróbicas.

2.2 – Conceito e Classificação

Uma vez que a DBO efluente tratado é menor nos casos em que o produto final do metabolismo é CO_2 e água, dá-se preferência à realização do processo em condições aeróbias; além desta razão, a produção de gases malcheirosos nos processos anaeróbios, faz com que a oxidação aeróbia tenha preferência em geral.



2.2 – Conceito e Classificação



Luís Fernando da Silva/Prefeitura de Urupês - ETE passa por limpeza para garantir melhor qualidade nos efluentes

2.3 – Eficiência e aplicabilidade das lagoas

A matéria orgânica dissolvida no efluente das lagoas é bastante estável, e a DBO geralmente encontra-se numa faixa de 30 a 50mg.L⁻¹, nas lagoas facultativas (havendo uma separação de algas, esta concentração pode reduzir-se para 20 a 30mg.L⁻¹). Faixa típica entre 75 a 85%.

Em termo de eficiência recente, englobando 115 lagoas facultativas na região Sudeste no Brasil, mostrou que lagoas facultativas primárias apresentaram uma eficiência média de 74%, enquanto sistema em séries (lagoas anaeróbias seguidas de facultativas) este índice chegou a 82%.

2.3 – Eficiência e aplicabilidade das lagoas

Nem sempre porém o objetivo será somente a remoção da DBO ou da DQO – interessará muitas vezes a remoção de **organismos coliformes**, e tem-se alcançado até 99,9999% de eficiente em lagoas de maturação em séries.

As lagoas de estabilização têm hoje outro campo muito importante de aplicação: preparar o efluente para o uso em agricultura.

Em relação à remoção de nutrientes, pode-se encontrar uma razoável remoção de nitrogênio amoniacal nas lagoas de maturação, rasas, através do processo de volatilização da amônia livre (NH_3), com pH elevado. Com eficiência entre 70 a 80%.

Lembrem aqui estamos se referindo esses valores para **esgoto Doméstico!**
70% para Frigorífico é impensável!

2.3 – Eficiência e aplicabilidade das lagoas

Se o projeto não for criterioso, o tratamento adequado, e se deixar de existir equilíbrio entre as condições locais e as cargas poluidoras, os inconvenientes dos demais processos certamente aparecerão: exalação de mau cheiro, estéticas desfavorável, efluente com DBO elevada, coliformes fecais em excesso, mosquitos, etc.

Parâmetro	L.. Anaeróbia + Facultativa (*)	L.. Anaeróbia +L.. Facul + maturação
DBO	75 - 85	80 – 85
DQO	65 - 80	70 – 83
SS	70 - 80	70 – 80
Amônia	< 50	40 – 80
Nitrogênio	< 60	40 - 65
Fósforo	< 35	> 40

2.4 –Lagoas anaeróbias

Nas lagoas anaeróbias e estabilização ocorre sem a presença do oxigênio dissolvido são os fenômenos de digestão ácida e fermentação metânica que tomam parte no processo. Na verdade tudo se passa como num digestor anaeróbio ou numa fossa séptica.



infraestruturaurbana17.pini.com.br

2.4 –Lagoas anaeróbias - Princípios de Funcionamento

A fermentação anaeróbia é um processo sequencial:

Primeiramente microrganismos facultativos, bactéria acidogênicas, na ausência de oxigênio dissolvido, transformam compostos orgânicos complexos em substância e compostos mais simples, primeiramente ácido orgânicos. É a fase chamada de “digestão ácida”, de produção de material celular (síntese) e compostos intermediários mal cheirosos (gás sulfídrico, mercaptanas): o pH baixa para 6, até 5.

Em seguida as bactérias formadores de metano (estritamente anaeróbias), bactérias metanogênicas, transformam os ácidos orgânicos formados na fase inicial em metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2); é a fase chamada de “fermentação metânica ou alcalina” quando o pH sobre para até 7,2 ou 7,5, os maus odores desaparecem, havendo formação de espuma, de cor cinzenta e aspecto feio. Na fermentação metânica a temperatura de manter-se acima de **15°C**.

infraestruturaurbana17.pini.com.br

2.4 –Lagoas anaeróbias - Princípios de Funcionamento

Ambos os processos podem ocorrer simultaneamente e de forma sincronizada.

Na fase de digestão ácida praticamente **não ocorre redução de DBO ou DQO**, o que vai acontecer na fermentação metânica.

Na acidificação carbo-hidratos são convertidos em açúcares, e estes ácidos orgânicos, aldeídos e álcoois. (Obs. Só ocorre a mudança da forma que está a MO).

Nessa fase pode haver desprendimento de CO_2 , H_2S e nitrogênio amoniacal.

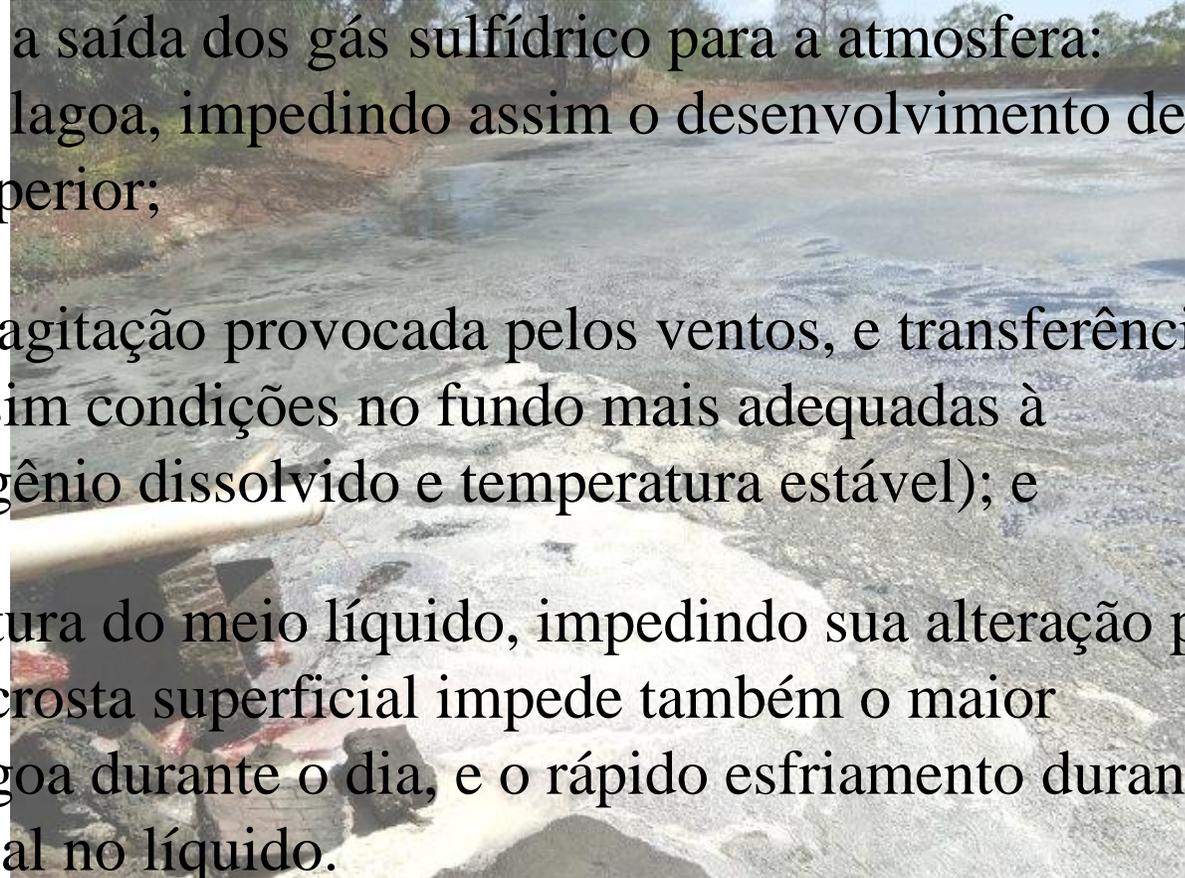


A transformação dos ácido voláteis pelas bactérias formados do metano determina uma sensível redução da matéria biodegradável, representada pela DBO ou DQO, sendo a quantidade matéria orgânica estabilizada nesta fase diretamente proporcional à quantidade de metano produzido.

infraestruturaurbana17.pini.com.br

2.4 – Lagoas anaeróbias - Princípios de Funcionamento

- A crosta de espuma é formada por sólidos flutuantes e lodo que alcança a superfície, e apresenta outras vantagens, além de impedir a saída dos gás sulfídrico para a atmosfera:
 - Se interpõe à penetração da luz solar na lagoa, impedindo assim o desenvolvimento de algas, produziram oxigênio na cama superior;
 - Protege a lagoa contra curtos-circuitos, agitação provocada pelos ventos, e transferência de oxigênio da atmosfera, mantendo assim condições no fundo mais adequadas à metanização (completa ausência de oxigênio dissolvido e temperatura estável); e
 - Ainda conserva e uniformiza a temperatura do meio líquido, impedindo sua alteração por súbita modificação do meio externo. A crosta superficial impede também o maior aquecimento da superfície líquida da lagoa durante o dia, e o rápido esfriamento durante a noite, o que ocasionaria mistura vertical no líquido.



2.4 – Lagoas anaeróbias - Critérios de dimensionamento

- **A taxa de aplicação de carga orgânica:** A tendência é manter pelo menos 100g DBO/m³.dia, de modo a manter a lagoa totalmente anaeróbia, e não mais de 400g. Porém muitos sistemas brasileiros, apresentam cargas baixas de 50g.
- **A profundidade:** recomenda-se uma lagoas mais profunda, com 3 a 4 metros. Caso não tenha desarenador anterior, adicionar 50cm na profundidade. Mais profundas visam manter a temperatura mais constante protegendo o micro-organismos. Porém acima de 4 metros a risco de estratificação térmica, e geração uma redução do metano de até 5x.
- **Distribuição uniforme do esgoto afluente:** é difícil existir uma distribuição uniforme do esgoto ao longo da lagoa, ocorrendo influências do vento, de diferenças de temperatura, ocasionando curtos-circuitos (caminho preferenciais), disposição irregular dos sólidos na entrada, redução do TDH. Para evitar isso, utiliza-se entradas múltiplas de entradas e saídas, e superfície líquida máxima de 5ha. infraestruturaurbana17.pini.com.br

2.4 –Lagoas anaeróbias - Critérios de dimensionamento

- **Relação comprimento/largura:** as lagoas anaeróbia costumam se projetadas com relação comprimento/largura da ordem de 2 a 3.



Em Guaíçara, governo paulista investiu cerca de R\$ 1,3 milhão na construção de lagoas de estabilização (anaeróbia e facultativa), beneficiando 9.698 habitantes

infraestruturaurbana17.pini.com.br



Vista aérea da estação de tratamento de esgotos do município de Itapira.

Fonte: SAAE -2008.

2.5 –Lagoas facultativas-

- A lagoa facultativa se caracteriza por possuir uma zona aeróbia superior, em que os mecanismos de estabilização da matéria orgânica são a oxidação aeróbia e a redução fotossintética, e uma zona anaeróbia na camada de fundo, onde ocorrem os fenômenos típicos da fermentação anaeróbia.
- A camada intermediária entre essas duas zonas é dita facultativa, predominando os processos de oxigenação aeróbia e fotossintética.
- A lagoa facultativa pode ser projetada para operar como uma unidade, ou em sequência a uma lagoa anaeróbia. No primeiro caso costuma ser chamada de lagoa “primária”, e no segundo de lagoa “secundária”.
- Pode também operar após uma ETE, e é chamada de lagoa de “polimento”.

2.5 –Lagoas facultativas- Princípios de funcionamento

- Na lagoa facultativa todo o processo ocorre como um ciclo natural e contínuo. As principais reações biológicas incluem:
 - Oxidação da matéria orgânica carbonácea pelas bactérias;
 - Nitrificação da matéria orgânica nitrogenada pela bactérias;
 - Oxigenação da camada superior da lagoa através da fotossíntese das algas; e
 - Redução da matéria orgânica carbonácea por bactérias anaeróbias no fundo da lagoa.

2.5 –Lagoas facultativas- Princípios de funcionamento

- Na maior parte da lagoa, principalmente na camada superior, onde os processos de oxidação aeróbia e redução fotossintética ocorrem, fenômenos seguintes são encontrados:
 - A matéria orgânica é sintetizada pelas bactérias, convertida em matéria celular, CO_2 e água, na presença de O_2 dissolvido. Parte do carbono serve como fonte de energia para os organismos, e é respirado como CO_2 ; parte é utilizado com o nitrogênio e o fosforo para gerar novas células.
 - Paralelamente, algas utilizam o CO_2 desprendidos pelas bactérias, sintetizam a matéria necessária a seu próprio desenvolvimento (protoplasma das algas) e liberam oxigênio em presença de energia solar. São assim as algas responsáveis pela produção da maior parte do oxigênio das bactérias. Na camada em geral de 15 a 40cm.
 - Contudo a noite ocorre o consumo, porém o balanço ainda é positivo.

2.5 –Lagoas facultativas- Princípios de funcionamento

- Existe um ponto no interior da lagoa a que se dá o nome de oxipausa: corresponde à profundidade na qual o consumo se igual à produção de oxigênio, e varia ao longo do dia, sendo mais elevado durante o dia e mais baixo à noite.
- O pH também irá variar ao longo do dia e da profundidade: no início da manhã o pH é ainda baixo devido ao excesso de CO_2 produzido pela respiração noturna; no período de produção de oxigênio e consumo de CO_2 o pH se eleva, podendo chegar até 10, no início da tarde, quando algas exercem maior atividade fotossintética, resultando em conversão na amônia ionização NH_4^+ a amônia livre, NH_3 , e conversão do H_2S a bissulfeto, HS que é inodora.

2.5 –Lagoas facultativas- Fatores que interferem no processo

- As condições hidráulicas e biológicas que tomam parte no processo de depuração nas lagoas podem ser afetadas por uma série de fatores.
- Alguns destes são **facilmente controláveis** ou adaptáveis ao projeto; outro são, por uma sua **própria natureza incontrolláveis**, e deverão ser consideradas de forma criteriosa, de modo que sua interferência seja desprezível, ou mesmo benéfica, aos equilíbrios hidráulicos e biológicos, previamente estabelecidos no projeto.



2.5 – Lagoas facultativas- Fatores que interferem no processo

- – **Fatores incontrolláveis**
- Sobre este fatores praticamente não se pode exercer qualquer ação visando modifica-los.

- São fatores:
 - Meteorológicos:
 - Hidrológicos..



[Correio da Madeira](#)



[País](#)



[Notícias ao Minuto](#)

2.5 –Lagoas facultativas- Parâmetro de Interesse

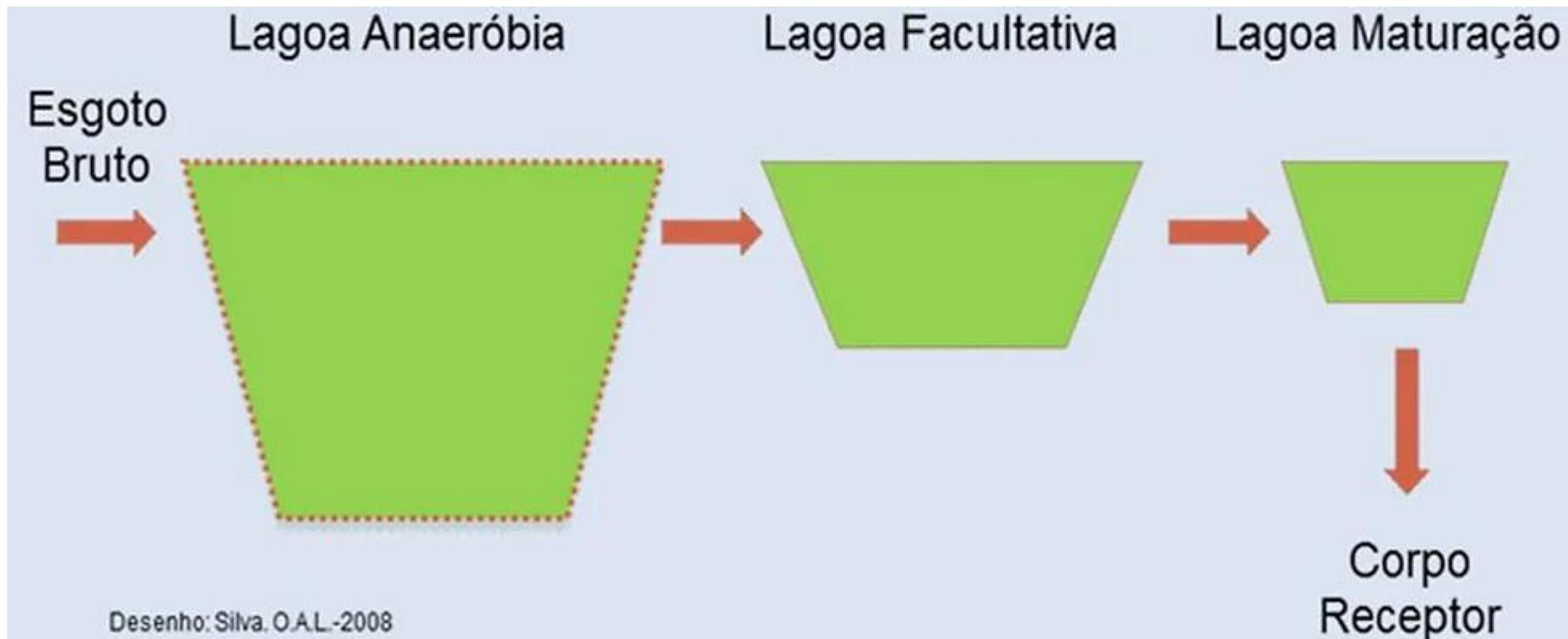
➤ Taxas de aplicação e tempos de detenção em lagoas facultativas

Taxa de aplicação KgDBO/ha.d	População equiva./Ha	Tempo de detenção, dias	Condições locais
<10	<200	>200	Regiões muito frias, com coberturas esporádicas de gelo, temperatura baixa, cobertura variável de nuvens.
10-50	200-1000	200-100	Clima frio com cobertura de gelo sazonais e temperatura de verão temperadas, por pequenos períodos.
50-150	1000-3000	100-33	Regiões temperadas a semi-tropicais cobertura de gelo ocasional, sem cobertura de nuvens prolongadas.
100-350	3000-7000	33-17	Regiões tropicais, sol e temperatura uniformemente distribuídos, sem cobertura de nuvem sazonais

2.5 –Lagoas facultativas- Fatores que interferem no processo

- **Área superficial:** é fator fundamental, deve ser preferivelmente retangular. A relação comprimento e largura de 2 a 5.
- **Profundidade:** a profundidade nas lagoas facultativas está na faixa de 1,20 a 2,00 m, os valores maiores sendo mais recomendados. No caso de lagoas primárias, onde a sedimentação de sólidos tende a ocorrer com maior intensidade, a profundidade mínima deve ser 1,50, e nas secundárias 1,20m.
- **Tempo de detenção:** o tempo de detenção hidráulico tem variado de acordo com a taxa de aplicação de carga orgânico adotada, a vazão afluyente, e o volume da lagoas. Em termo práticos o tempo de detenção tem variado entre 15 e 45 dias. (Obs. Esgoto doméstico)

2.5 –Lagoas de estabilização!



2.5 –Lagoas de estabilização!



<https://www.fec.unicamp.br/~bdta/esgoto/lagpaulistano2.html>

Sugestão de Leitura

- Livro - Tratamento de esgotos domésticos - 8ª EDIÇÃO
- Capítulo 17 – Fossas Sépticas
- Capítulo 21 – Lagoas de Estabilização



