

II-097 – CONTROLE ANALÍTICO PARA AVALIAÇÃO DE PROCESSO DE LODOS ATIVADOS EM ETE DE PRODUTOS CÁRNEOS

Irene Ingrid Fengler

Química Industrial– Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC

Rômulo de Oliveira Schwaickhardt

Químico Industrial, Mestre em Tecnologia Ambiental –Universidade de Santa Cruz do Sul-UNISC

José Jacir Dalpian

Químico Industrial, Mestre em Desenvolvimento Regional – Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC

Robson Alencar Wendel

Engenheiro Ambiental – Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC.

Ênio Leandro Machado⁽¹⁾

Químico Industrial, Doutor em Engenharia – Universidade de Santa Cruz do Sul-UNISC

Endereço⁽¹⁾: Universidade de Santa Cruz do Sul, Mestrado em Tecnologia Ambiental, Avenida Independência, 2293. Bairro Universitário. Santa Cruz do Sul - RS - CEP: 96815-900 - Brasil - Tel: (51) 3717-7545 - e-mail: enio@unisc.br

RESUMO

No presente trabalho foi realizado inventário do processo produtivo de indústria de produtos cárneos associando o impacto ambiental da ETE com sistema de lodos ativados. A pesquisa objetivou prognóstico visando melhorias no processo para efeito de sustentabilidade. Foram realizadas análises de caracterização dos efluentes e dos parâmetros operacionais para avaliar a eficiência do processo em função da Análise de Ciclo de Vida.

PALAVRAS-CHAVE: Produtos Cárneos, Lodos Ativados, Análise de Ciclo de Vida

INTRODUÇÃO

As indústrias de processamento de produtos cárneos geram um grande volume de águas residuais, o que envolve a necessidade de um tratamento adequado para a liberação ao meio ambiente. O gerenciamento do uso da água se faz necessário para minimizar o impacto ambiental. O consumo de água pelas indústrias de alimentos é considerado elevado em todo mundo, por isso o consumo racional e a reutilização da água se faz necessário para evitar a sua escassez.

No entanto, tornam-se cada vez mais necessárias as avaliações dos sistemas de tratamento, principalmente os parâmetros de índice de eutrofização e consumo de energia, os quais podem ser elevados nas estações de tratamento com sistema de lodos ativados. Se a avaliação de impacto ambiental destes sistemas de tratamento for ampliada, associando o uso de recursos renováveis e não renováveis para construção e operação do sistema, o uso de *softwares* de Análise de Ciclo de Vida será necessário, como o Simapro, que é uma das ferramentas mais usadas para avaliar o desempenho ambiental de produtos, processos e serviços (IGOS et al., 2014).

MATERIAIS E MÉTODOS

O inventário associado a geração de efluentes da indústria de processamento de carnes se fez através de levantamento de dados como: etapas do processo produtivo com o consumo de água e características do efluente gerado. Neste caso as amostras para avaliação da ETE (Estação de Tratamento de Efluentes) foram coletadas em três pontos distintos conforme Figura 1. As caracterizações das amostras foram de acordo com os métodos estabelecidos por APHA/AWWA (2012), incluindo DQO, DBO₅, fósforo total e nitrogênio amoniacal.

Inventário Ambiental e Avaliação de Impacto

O ponto de maior detalhamento para investigação do balanço material foi na ETE. O escopo e a delimitação de estudos podem ser observados nos pontos A, B e C da Figura 1. Efetivamente foi onde a avaliação de impacto ambiental foi feita, com aplicação do *software* SimaPro 7.3.3. Os parâmetros gerais usados foram Energia consumida pelos equipamentos da ETE, DQO, DBO₅, fósforo total, nitrogênio amoniacal e massa de lodos ativados desaguada. O inventário de dados também envolveu visitas técnicas à empresa, onde foram analisados documentos e registros. A busca de informações também se deu através de levantamento fotográfico ou ainda, através das análises dos boletins informativos referentes à ETE existente no local.

O *software* SimaPro7.3.3 foi aplicado considerando as referências de análise *MidPoint* e *EndPoint* com referência ao método ReCiPe (H).

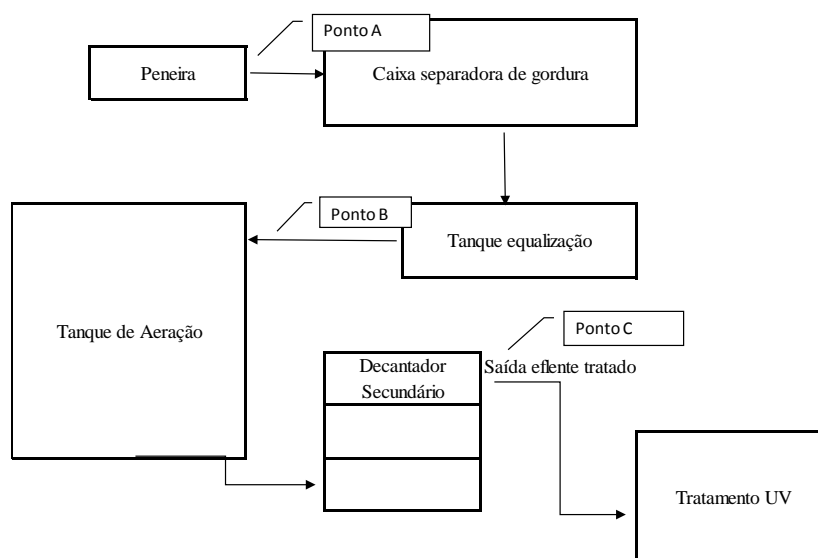


Figura 1: Fluxograma da Estação de Tratamento com pontos de coleta.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A indústria estudada, situada no Vale do RioPardo, RS realiza processamento de carne e de CMS (Carne Mecanicamente Processada) com 30 toneladas dia. Os produtos processados são patês, salsicha, mortadela, linguiças e outros mais. Ocorre produção 24 horas, exceto os horários de limpeza que ocorrem duas vezes ao dia, pois as exigências de higienização para a produção desses produtos são bastante rigorosas. Devido ao fluxo de produção, aos processos envolvidos e a atividade de limpeza geram um consumo diário de água muito elevado (Tabela 3).

Conforme análise do processo produtivo os setores com maior geração de efluentes e também considerados pontos mais críticos do processo são: **1** - quebrador: moagem da carne e CMS; efluente gerado: água, sangue e restos de carne; **2** - preparação de massas: setor das misturadeiras e emulsionador; efluente gerado: água, resto de massa pronta e condimentos da massa; **3** - cozimento: em tachos e em estufas com vapor; efluente gerado: água salobra; e **4** - resfriamento 1: setor de chuveiros para resfriamento salsicha e mortadela.

O volume de efluente tratado diário é aproximadamente 280 m³ com um consumo de água aproximado de 530 m³ dia.

Caracterização dos efluentes

Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 1, considerando os principais parâmetros de carga para a ETE.

Tabela 1: Caracterização das etapas do inventário para ACV

Parâmetros Efluente	BRUTO 1	BRUTO 2	TRATADO	CONSEMA 128
DQO mg L ⁻¹	1942,7	884,9	27,9	330
DBO ₅ mg L ⁻¹	1150,9	382,9	13,9	110
Fósforo Total mg L ⁻¹	6,5	6,1	1,5	3
Nitrogênio Amoniacal mg L ⁻¹	2,8	19,2	1,1	20
pH			7,3	entre 6 e 9
Temperatura °C			23	< 40

Com relação aos resultados obtidos pode-se verificar que o efluente tratado enquadra-se dentro da resolução CONSEMA-RS 128/2006. Apresentando boa eficiência no sistema de tratamento.

Características do sistema de lodos ativados

Tabela 2: Parâmetros Operacionais

Parâmetro	Unidade	Resultado
OD	mg O ₂ L ⁻¹	2
IVL	ml g ⁻¹	525
SST	mg L ⁻¹	1833
SSV	mg L ⁻¹	1833
A/M	kgDBO ₅ /kgSSV.d	0.07

OD (Oxigênio Dissolvido); IVL (Índice Volumétrico do Lodo); SST (Sólidos Solúveis Totais); SSV (Sólidos Solúveis Voláteis); A/M (Relação Alimento/Microrganismo).

Analisando o resultado de F/M se verifica um valor um pouco abaixo que geralmente assumem os lodos ativados com aeração prolongada, pois segundo Sperling, 2002 quanto menos DBO for fornecida às bactérias maior a avidez pelo alimento, situação que ocorre quando a quantidade de alimento for baixa, prevalecendo assim a respiração endógena.

As avaliações dos inventários de ciclo de vida consideraram os dados da Tabela 3.

Tabela 3 : Inventário da operação da ETE da fábrica do produtos cárneos .

Parâmetros	Efluente Pós-Peneiramento	Afluente de Lodos Ativados	Efluente para Descarte
DQO kg dia ⁻¹	543,9	239,37	7,812
DBO ₅ kg dia ⁻¹	322	107,21	3,89
N-NH ₃ kg dia ⁻¹	1,82	1,708	0,63
Ptotal kg dia ⁻¹	0,78	5,376	0,30
Energia (kW dia ⁻¹)	8,64	70,56	344
Vazão (m ³ dia ⁻¹)	280		
Quantidade de	280	280	280
Referência de Cálculo (m ³)			
Lodo (kg)	-	-	71,42

As avaliações de impactos *midpoint* e *endpoint* podem ser vistas nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4: Avaliações de ACV com os impactos midpoint e método Recipe (H).

Categoria de Impacto	Unidade	Total	Pós-Processamento	Efluente dos Lodos Ativados	Efluente Final para Descarte
Mudanças Climáticas	kg CO ₂ eq	135	2,75	110	22,5
Depleção de Ozônio	kg CFC-11 eq	3,94 x 10 ⁻⁶	8,04 x 10 ⁻⁸	3,2 x 10 ⁻⁶	6,5 x 10 ⁻⁷
Toxicidade Humana	kg 1,4-DB eq	1,51	0,0307	1,22	0,251
Formação de Oxidantes Fotoquímicos	kg NMVOC eq	0,115	0,00234	0,0932	0,0191
Formação de Material Particulado	kg PM10 eq	0,0358	0,000732	0,0291	0,00597
Radiação Ionizante	kg U235 eq	10,3	0,211	8,39	1,72
Acidificação Terrestre	kg SO ₂ eq	0,0846	0,00173	0,0688	0,0141
Eutrofização de Águas Doces	kg P eq	4,16	1,82	1,71	0,631
Eutrofização Marinha	kg N eq	6,46	0,78	5,38	0,301
Ecotoxicidade Terrestre	kg 1,4-DB eq	0,0136	0,000277	0,011	0,0226
Ecotoxicidade de Águas Doces	kg 1,4-DB eq	0,144	0,00294	0,117	0,024
Ecotoxicidade Marinha	kg 1,4-DB eq	0,107	0,00218	0,087	0,0178
Ocupação de Solo Agrícola	m ²	2,26	0,0462	1,84	0,377
Ocupação de Solo Urbano	m ²	0,128	0,00261	0,104	0,0213
Transformação de Terras naturais	m ²	0,0915	0,00187	0,0743	0,0152
Depleção de Água	m ³	0,219	0,00447	0,178	0,0365
Depleção de Metal	kg Fe q	2,08	0,0425	1,69	0,347
Depleção de Recursos Fósseis	kg Óleo eq	11,7	0,24	9,55	1,96

Todos os parâmetros mais críticos quanto aos impactos estão associados direta e indiretamente ao uso de energia para o processo de lodos ativados, especialmente o de mudanças climáticas, toxicidade e ecotoxicidade e depleção fóssil.

Para as avaliações do sistema *EndPoint*, o método *ReCiPe* revela tendências operacionais, com impactos associados ao uso de energia, que mesmo com a matriz de energia hidroelétrica, associa a mesma ao uso de combustíveis fósseis.

Tabela 5: Avaliações de ACV com os impactos endpoint e método Recipe (H).

Categoria de Impacto	Unidade	Total	Pós-Processamento	Efluente dos Lodos Ativados	Efluente Final para Descarte
Mudanças Climáticas e Saúde Humana	DALY	0,000161	$3,2 \times 10^{-6}$	0,000131	$2,68 \times 10^{-5}$
Depleção de Ozônio	DALY	$2,43 \times 10^{-9}$	$4,9 \times 10^{-11}$	$1,9 \times 10^{-9}$	$4,0 \times 10^{-10}$
Toxicidade Humana	DALY	$1,05 \times 10^{-6}$	$2,1 \times 10^{-8}$	$8,5 \times 10^{-7}$	$1,7 \times 10^{-7}$
Formação de Oxidantes Fotoquímicos	DALY	$4,47 \times 10^{-9}$	$9,1 \times 10^{-11}$	$3,6 \times 10^{-9}$	$7,4 \times 10^{-10}$
Formação de Material Particulado	DALY	$9,32 \times 10^{-6}$	$1,9 \times 10^{-7}$	$7,5 \times 10^{-6}$	$1,55 \times 10^{-6}$
Radiação Ionizante	DALY	$1,69 \times 10^{-7}$	$3,4 \times 10^{-9}$	$1,3 \times 10^{-10}$	$2,8 \times 10^{-8}$
Ecosistemas influenciados por Mudanças Climáticas	Species.yr	$1,07 \times 10^{-6}$	$2,19 \times 10^{-8}$	$8,7 \times 10^{-7}$	$1,79 \times 10^{-7}$
Acidificação Terrestre	Species.yr	$1,29 \times 10^{-10}$	$2,6 \times 10^{-12}$	$1,04 \times 10^{-10}$	$2,14 \times 10^{-11}$
Eutrofização de Águas Doces	Species.yr	$1,8 \times 10^{-7}$	$8,08 \times 10^{-8}$	$7,6 \times 10^{-8}$	$2,8 \times 10^{-8}$
Ecotoxicidade Terrestre	Species.yr	$1,72 \times 10^{-9}$	$3,5 \times 10^{-11}$	$1,4 \times 10^{-9}$	$2,8 \times 10^{-10}$
Ecotoxicidade de Águas Doces	Species.yr	$3,75 \times 10^{-11}$	$7,66 \times 10^{-13}$	$3,05 \times 10^{-11}$	$6,2 \times 10^{-12}$
Ecotoxicidade Marinha	Species.yr	$8,5 \times 10^{-14}$	$1,7 \times 10^{-15}$	$6,9 \times 10^{-14}$	$1,4 \times 10^{-14}$
Ocupação de Solo Agrícola	Species.yr	$3,17 \times 10^{-8}$	$6,4 \times 10^{-10}$	$2,5 \times 10^{-8}$	$5,2 \times 10^{-9}$
Ocupação de Solo Urbano	Species.yr	$2,1 \times 10^{-9}$	$4,2 \times 10^{-11}$	$1,7 \times 10^{-9}$	$3,5 \times 10^{-10}$
Transformação de Terras naturais	Species.yr	$1,36 \times 10^{-7}$	$2,77 \times 10^{-9}$	$1,1 \times 10^{-7}$	$2,26 \times 10^{-8}$
Depleção de Metal	\$	0,149	0,00304	0,121	0,0248
Depleção de Recursos Fósseis	\$	85,5	1,75	69,5	14,3

(DALY = *disability-adjusted life years*; .Species. yr = *species lost per year*).

Considerando que o efluente final associa valores de carga poluentes baixas, bem abaixo do limite da Resolução 128/06, considera-se que o aspecto econômico é o mais ressaltado. O *software* aplicado traz associação com as depleções de metal e combustível fóssil, provavelmente por referência indireta ao funcionamento da unidade hidrelétrica de geração de energia selecionada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No processo produtivo as áreas com maior carga poluidora são o setor denominado quebrador e setor de preparação de massas pela concentração de matéria orgânica nas atividades de limpeza.

Dentre os setores com maior consumo de água estão o de preparação de massas, devido a quantidade de equipamentos do processo produtivo envolvidos nas atividades de limpeza. Também o Resfriamento 1 onde ocorre o uso constante de chuveiros, onde o reaproveitamento da água seria viável.

A caracterização dos efluentes demonstrou a eficiência do processo de tratamento, com os valores de carga poluente baixos, estando de acordo com a Resolução CONSEMA/2006. Os impactos associados ao funcionamento da ETE estudada são principalmente devidos aos *MidPoints*, sendo que para os *EndPoints* o ponto financeiro da depleção fóssil é o principal. A substituição do processo em parte com processo anaeróbio poderia ser considerada, bem como resgatar o controle para o sistema óxido/anódico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA/AWWA - *American Public Health Association/American Water Works Association*. American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of water and wastewater, 22^a edição, Washington, 2012.
2. IGOS, E. et al. Life Cycle Assessment of water treatment: what is the contribution of infrastructure and operation at unit process level? *Journal of Cleaner Production*., p. 424-431, 2014
3. SPERLING, MARCOS VON; *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Lodos Ativados*. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, , p. 428, 2002.