



CARACTERIZAÇÃO DA CARGA ORGÂNICA DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS E OPORTUNIDADES DE RECICLAGEM

Thuanny A.C. Parisoto¹, Nubya T. G. De Souza², Luz Selene Buller³, Tânia Forster-Carneiro⁴

^{1,2,3,4} Laboratório de Bioengenharia e Tratamento de Águas e Resíduos (BIOTAR), FEA- DEA, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

Resumo

A carga orgânica de águas residuárias da indústria de alimentos é caracterizada por sua demanda bioquímica de oxigênio (DBO), que é a capacidade microbológica de consumo e/ou oxidação da matéria orgânica biodegradável presente no substrato, multiplicada pela vazão de produção. Este parâmetro é um indicador de poluição também utilizado em estações de tratamento de efluentes domésticos e em análises de qualidade de água em corpos hídricos. A demanda química de oxigênio (DQO) também é um indicador de poluição que avalia a quantidade de oxigênio dissolvido (OD) consumido em meio ácido que leva à degradação de matéria orgânica, sendo essa biodegradável ou não. Sendo assim, é um parâmetro indispensável na caracterização de efluentes industriais e domésticos. Neste trabalho foram elencadas as cargas orgânicas das mais expressivas indústrias de alimentos do estado de São Paulo. Águas residuárias com alta carga orgânica são fontes de nutrientes e energia que podem ser recicladas para gerar uma menor dependência de processos químicos e energia fóssil. A digestão anaeróbia é uma tecnologia bem estabelecida de custo baixo e com alta eficiência na conversão de carga orgânica em gás combustível.

Palavras-chave: *Resíduos orgânicos, Carga Orgânica, Digestão Anaeróbia, Biogás.*

INTRODUÇÃO

De modo geral, as indústrias de alimentos geram grandes volumes de resíduos e efluentes, que são classificados: efluentes industriais biológicos ou químicos, e resíduos sólidos (Forster-Carneiro et al., 2013). Os efluentes líquidos são também chamados de águas residuárias e apresentam alto teor de carga orgânica, dependendo do produto processado, por exemplo, carnes, leite, sucos ou bebidas. Geralmente, os resíduos sólidos industriais também estão presentes em quase todas as etapas de processamento de alimentos.

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) representa a capacidade dos microrganismos de consumir e/ou oxidar a massa da matéria orgânica biodegradável presente no efluente. Por outro lado, a demanda química de oxigênio (DQO) considera a concentração de oxigênio dissolvido consumida pelos microrganismos para oxidar toda a matéria orgânica, sejam frações biodegradáveis ou não. Ambos são indicadores de poluição, que reportam a concentração de matéria orgânica biodegradável em estações de tratamento de efluentes domésticos e em corpos hídricos. Sendo, portanto, indispensáveis na caracterização de esgotos e efluentes industriais.

Atualmente no Brasil existem leis e resoluções sobre a disposição de resíduos em geral. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Federal nº 12.305/2010 (BRASIL,

2010) foi criada em 2010 com objetivo de reduzir a quantidade de resíduos que são levados a aterros sanitários ou lixões, fazendo a gestão adequada para cada tipo de resíduo. Para o descarte de efluentes existe a resolução CONAMA 430/2011 (BRASIL,2011) que regulamenta o despejo de efluentes em corpos hídricos de acordo com a classificação destes e estabelece limites de carga orgânica para o despejo.

Águas residuárias com alta carga orgânica são fontes de nutrientes e energia que podem ser recicladas para gerar uma menor dependência de processos químicos e energia fóssil. A digestão anaeróbia é uma tecnologia emergente de custo baixo e com alta eficiência na conversão de carga orgânica em um biogás (Ferreira et al., 2020), que pode ser convertido em energia elétrica e térmica, ao mesmo tempo em que mitiga emissões de gases de efeito estufa de outras fontes de energia (Jiménez-Castro et al., 2020). A geração local de energia é um Mecanismo de Desenvolvimento Mais Limpo e, portanto, uma estratégia essencial para um desenvolvimento sustentável. Ademais, a fase líquida do reator pode ser utilizada como biofertilizante na substituição de fertilizantes químicos (Buller et al., 2020).

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é identificar as indústrias de alimentos mais representativas e mostrar a carga orgânica dos efluentes gerados quanto à DBO e DQO, visando gerar um conjunto de informações para tomadas de decisão sobre instalação de digestores anaeróbios para o reaproveitamento energético da matéria orgânica presente em águas residuárias e resíduos sólidos de alguns setores industriais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse trabalho foi realizada uma revisão bibliográfica em publicações da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e nas bases científicas Scielo, Chemical Abstracts, Directory of Open Access Journals (DOAJ), ISI, SCOPUS, e Google Scholar. Foram levantados dados de volumes de produção e carga orgânica de águas residuárias (efluentes) para diversos segmentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A **Tabela 1** apresenta a carga orgânica dos efluentes e a produção anual de diversos segmentos da indústria de alimentos que são mais expressivos no Estado de São Paulo (SP). São eles: abate de bovinos e suínos, sucos cítricos, refrigerantes, cervejaria, laticínios e sucroalcooleiro. O setor de produção de alimentos representa 12,7% do Produto Interno Bruto (PIB) industrial do estado de SP (PERFIL DA INDÚSTRIA). Cerca de 28,6% da produção industrial de alimentos no Brasil encontra-se em São Paulo, com destaque para fabricação de açúcar (66,9% do total nacional) (IBGE,2016). Os segmentos que mais contribuem com a economia do estado são fabricação e refino de açúcar, seguido de abate e fabricação de produtos de carne e indústria de bebidas em geral (INVESTSP)

Os efluentes identificados nos segmentos industriais apresentados foram: águas residuárias provindas das lavagens de máquinas e equipamentos; efluentes industriais biodegradáveis; lodo de estações de tratamento biológico de água; efluentes gerados em pós-tratamentos físicos e químicos. Os resíduos sólidos identificados foram: bagaços e cascas de frutas, cascas de frutas, sementes, fibras, gorduras etc.

No Brasil, a disposição final dos resíduos e efluentes ainda carece de rotas mais adequadas para o reaproveitamento e reciclagem. Ainda existem práticas de destinação de resíduos sólidos a aterros sanitários, aterros controlados ou vazadouros. E as águas residuárias são dispostas em corpos hídricos após tratamentos de redução da carga orgânica para atendimento das normas vigentes. Os efluentes podem ser

submetidos a diversas rotas de disposição (**Figura 1**). Entretanto, no Brasil, geralmente recebem um tratamento simples por processos físicos de gradeamento e decantação e processos biológicos. Os tratamentos anaeróbios geram oportunidades de recuperação e uso de metano (o principal componente do biogás).

Tabela 1: Segmentos da indústria de alimentos.

Segmento da indústria de alimentos	Produção Anual (ton)	DBO média (mg/L)	DQO média (mg/L)	Referências para carga orgânica
Abate de bovinos	12.044 ^a	2.000	4.000	CETESB, 2008
Abate de suínos	5.626 ^a	1.250	2.500	CETESB, 2008
Sucos Cítricos	1.057.000 (Brasil) ^b	2.600	4.700	CETESB, 2005
	865.000 (SP safra 2105/16) ^b			
Refrigerantes	453.924 ^a	1.137	2.525	CETESB, 2005
Cervejaria	14.227 ^a	2.100	---	CETESB, 2005
Laticínios	35.873 (apenas leite, sem derivados) ^a	2.620	2.500	CETESB, 2006
Sucroalcooleiro	33.837 (Açúcar) ^a		20.866 ^c	Buller et al., 2020
	24.465 (Álcool) ^a			

^a Fonte: MCTIC, 2019, produção referente ao ano 2016

^b Fonte: CITRUSBR, 2017

^c Referente à vinhaça, efluente gerado em largas proporções na produção álcool

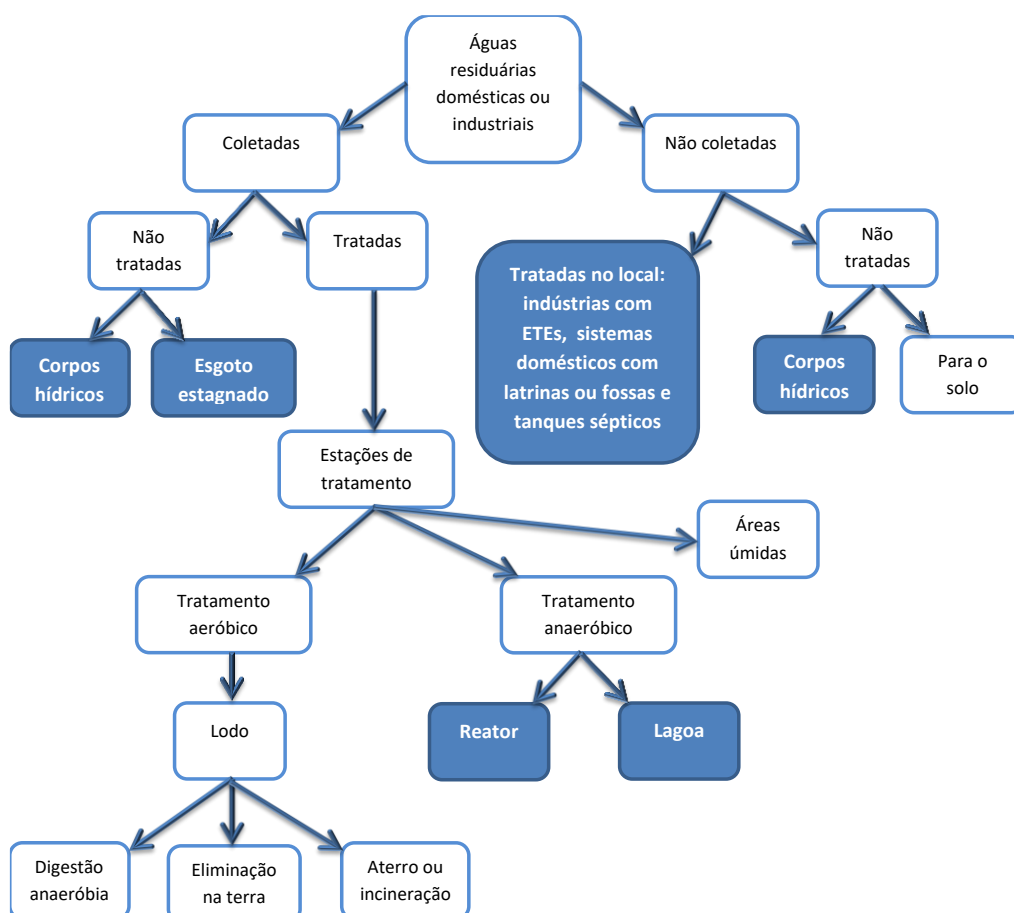


Figura 1. Rotas de coleta e tratamento de águas residuárias. Adaptado de IPCC, 2006.

A digestão anaeróbia pode reduzir as possíveis poluições pelo lançamento de águas residuárias sem tratamento prévio em corpos hídricos. Além de tratar e reduzir a carga orgânica em cumprimento à legislação vigente promove a ciclagem dos nutrientes e a recuperação energética, reduzindo a dependência de energia fóssil. De modo geral, no Brasil, a fração destinada à compostagem ou reaproveitamento energético ainda é pequena. Embora exista aumento na recuperação de metano pelo setor industrial, apenas 36,8% de redução nas emissões de gases do efeito estufa do setor, pela adoção de reatores anaeróbios, foram observadas no ano 2016 (MCTIC, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho é de suma importância para que exista a identificação de oportunidades de despoluição, tratamento de resíduos, reciclagem de nutrientes e energia. O mesmo deve ser aprofundado para dar suporte à tomada de decisões na indústria de alimentos com relação à melhor rota de destinação e tratamento de seus resíduos. A adoção de digestores anaeróbios é uma medida que pode contribuir para a produção local de energia renovável, para a redução da pegada de carbono de diversos segmentos industriais e para a descarbonização da economia.

AGRADECIMENTOS

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Brasil), Código Financeiro 001; Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (2018 / 05999-0; 2018 / 14938-4); T. Forster-Carneiro agradece ao CNPq pela bolsa de produtividade (302473 / 2019-0)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução Nº 430 de 13/05/2011 (Federal) - Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 25 de setembro. 2020

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010. Presidência da República, Departamento da Casa Civil. Brasília, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/12305.htm Acesso em: 23 de setembro. 2020

BULLER, L.S; ROMER, C.W.S; LAMPARELLI, R.A.C; FERREIRA, S.F; BORTELO, A. P; MUSSATO, S.I; FOSTER-CARNEIRO, T. A spatially explicit assessment of sugarcane vinasse as a sustainable by-product, **Science of The Total Environment**. 2020. Disponível em: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142717 Acesso em: 25 de setembro. 2020

CETESB. Centro tecnológico da Fundação Paulista. **Abate de bovinos e suínos**, São Paulo. 2008. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wp-content/uploads/sites/20/2013/11/abate.pdf>. Acesso em: 27 de setembro. 2020

CETESB. Centro tecnológico da Fundação Paulista. **Cervejas e refrigerantes** São Paulo. 2005. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wp-content/uploads/sites/20/2013/11/cervejas_refrigerantes.pdf. Acesso em: 27 de setembro. 2020

CETESB. Centro tecnológico da Fundação Paulista. **Produtos lácteos**, São Paulo. 2006. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wp-content/uploads/sites/20/2013/11/laticinio.pdf>. Acesso em: 27 de setembro. 2020

CETESB. Centro tecnológico da Fundação Paulista. **Sucos Cítricos**, São Paulo. 2005. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wp-content/uploads/sites/20/2013/11/sucos_citricos.pdf. Acesso em: 27 de setembro. 2020

CITRUSBR. Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos. Anuário da citricultura. São Paulo. 2017. Disponível em: http://www.citrusbr.com/download/biblioteca/CitrusBR_Anuario_2017_alta.pdf. Acesso em: 05 de outubro. 2020

FERREIRA, S.F; BULLER, L. S; MACIEL-SILVA, F. W; SGANZERLA, W.G; BERNI, M. D; FOSTER-CARNEIRO, T. Waste management and bioenergy recovery from açaí processing in the Brazilian Amazonian region: a perspective for a circular economy. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**. 2020. Disponível em: doi.org/10.1002/bbb.2147. Acesso em: 01 de outubro. 2020

FOSTER-CARNEIRO, T; BERNI, M.D; DORILEO, I. L; ROSTAGNO, M.A. Biorefinery study of availability of agriculture residues and wastes for integrated biorefineries in Brazil, **Resources, Conservation and Recycling**. 2013. Disponível em: doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.05.007 Acesso em: 03 de outubro. 2020

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Industrial Anual**. 2016. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pia-produto/quadros/brasil/2018>. Acesso em: 08 de outubro

INVESTSP. Agência Paulista de Promoção de investimentos e competitividade. Alimentos. Disponível em: <https://www.investe.sp.gov.br/setores-de-negocios/alimentos/>. . Acesso em: 12 de outubro. 2020

IPCC (2006) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Waste. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S, Buendia L, Miwa K, Ngara T and Tanabe K. Intergovernmental Panel on Climate Change, (IPCC), IPCC/OECD/IEA/IGES, Japan. vol. 5. 2006. Disponível em: www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html. Acesso em: 10 de outubro. 2020

JIMÉNEZ-CASTRO, M.P; BULLER, L.S; ZOFFERO, A; TIMKO, M.T; FOSTER-CARNEIRO, T. Two-stage anaerobic digestion of orange peel without pre-treatment: Experimental evaluation and application to São Paulo state, **Journal of Environmental Chemical Engineering**, 2020. Disponível em: doi.org/10.1016/j.jece.2020.104035. Acesso em: 12 de outubro. 2020

MCTIC. Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil. Coordenação-Geral do Clima. 5. ed. Brasília. 2019. Disponível em: mctic/docs/livro_estimativas_anuais_de_emissoes. Acesso em: 13 de outubro. 2020

Perfil da indústria. Disponível em: <https://perfildaindustria.portaldaindustria.com.br/estado/sp#:~:text=Possui%20PIB%20industrial%20de%20R,%2C6%25%20da%20ind%C3%BAstria%20nacional>. Acesso em: 13 de outubro. 2020