



II-203 – CARACTERIZAÇÃO DE EFLUENTES LÁCTEO ORIUNDOS DO PROCESSAMENTO DE LÁCTEO LÍQUIDOS

Rodrigo Fernando dos Santos Salazar⁽¹⁾

Engenheiro Bioquímico pela Escola de Engenharia de Lorena (EEL/USP). Mestrado em Engenharia Química pela EEL/USP. Doutorando em Química Analítica pelo Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos (DQ/UFSCar).

Tiemi Kawabata Andrade

Graduando em Engenharia Química pela Escola de Engenharia de Lorena (EEL/USP). Aluna de Iniciação Científica EEL/USP.

Juliana Sanches Carrocci

Engenheira Bioquímica pela Escola de Engenharia de Lorena (EEL/USP). Mestranda em Engenharia Química pela EEL/USP.

Rodrigo Yuji Mori

Graduando em Engenharia Bioquímica pela Escola de Engenharia de Lorena (EEL/USP). Aluno de Iniciação Científica pela EEL/USP.

Hélcio José Izário Filho

Engenheiro Químico pela Faculdade de Engenharia Química de Lorena (FAENQUIL). Mestre em Engenharia de Materiais pela FAENQUIL. Doutor em Química Analítica pelo Instituto de Química da Universidade de Campinas (IQ/UNICAMP). Professor Associado – Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de Lorena. Departamento de Engenharia Química.

Endereço⁽¹⁾: Departamento de Química DQ/UFSCar. Rodovia Washington Luiz, Km 235 – Caixa Postal 676. CEP: 13565-905 – Brasil – Tel: +55 (16) 3351-8058 – Fax +55 (16) 3351-8350 – e-mail: r.f.s.salazar@gmail.com

RESUMO

O Setor laticinista está entre as indústrias de alimentos mais poluentes que há em termos de volume de resíduos líquido gerado e pelo alto consumo de volume de água. O agronegócio do leite no Brasil obteve um faturamento da ordem de US\$ 8 bilhões em 2001 que, em termos de produção, representou mais de 20 bilhões de litros de leite comercializados e estimou-se uma geração superior a 40 bilhões de litros de soro. Como o soro é muito pouco reaproveitado, uma parcela inexpressiva se torna complemento de ração animal e, a maior parte do resíduo gerado, torna-se um grande problema para os laticínios em termos de tratamento devido complexa biodegradação deste pode causar muitas sobrecargas para qualquer sistema tecnológico de tratamento. O foco deste trabalho residuiu na caracterização do efluente lácteo oriundo de duas empresas laticinistas do Vale do Paraíba/SP, uma sediada em Lorena e a outra em Guaratinguetá para posterior proposição de um sistema capaz de pré-tratar este tipo de matriz.

Para a caracterização analítica do efluente in natura e tratado empregaram-se as metodologias Standard Methods, validadas em função do tipo e da complexidade da amostra (DQO, DBO, $N_{\text{orgânico}}$, $N\text{-NH}_4^+$, P_{Total} , Fe^{2+} , O&G, ST, STF, STV, SS, SD, Al, As, Ca, Cd, Fe, Mg e Pb).

Ao comparar os resultados de caracterização físico-química do efluente de ambos os laticínios constataram-se a variabilidade que estes tipos de efluentes apresentam, sendo sua composição química influenciada por fatores de processamento, beneficiamento e da matéria prima empregada. Constatou-se a necessidade de um pré-tratamento que eleve a biodegradabilidade destes efluentes quando submetidos a um tratamento biológico.

PALAVRAS-CHAVE: Caracterização físico-química, análise elementar, efluente lácteo.

INTRODUÇÃO

O efluente lácteo consiste, principalmente, de quantidades variáveis de leite diluído, materiais sólidos flutuantes (principalmente substâncias graxas) de uma variedade de fontes, detergentes, lubrificantes e esgotos domésticos (BRAILE; CAVALCANTE, 1993). A quantidade e a carga poluente das águas residuárias destas indústrias variam bastante, dependendo; 1) da água utilizada para o processamento e/ou beneficiamento adotados, bem como, 2) do controle exercido sobre as várias descargas de resíduos (BRAILE; CAVALCANTE, 1993; FARIA et al 2004; ALTURKMANI, 2007).



O presente trabalho contém estudos de caracterização realizados com efluentes coletados nas estações de tratamento de água de empresas laticinistas de grande porte oriundas de Guaratinguetá e Lorena/São Paulo. Este efluente advém do processamento de lácteos líquidos gerados a partir do beneficiamento do leite para a produção de leite pasteurizado, UHT, iogurte e bebidas lácteas não fermentadas. As estações de tratamento de efluente (ETE's) da empresa laticinista de Guaratinguetá e de Lorena apresentam capacidade de tratar aproximadamente 30 m³ / dia e 40 m³ / dia de efluente lácteo, respectivamente.

Para que uma ETE seja capaz de operar com alto desempenho é necessário o conhecimento prévio da carga a ser tratada e confiabilidade dos métodos empregados para caracterização do efluente final.

A contribuição material em termos de poluição de águas receptoras deste tipo de efluente é significativa, devido ao volume de resíduos líquidos gerados e pelo alto consumo de volume de água (BRAILE; CAVALCANTE, 1993). Portanto, torna-se necessário e obrigatório o tratamento prévio de seus despejos líquidos antes do lançamento (BRAILE; CAVALCANTE, 1993; FARIA et al 2004; VOURCH et al, 2008). Consequentemente a importância deste trabalho reside na caracterização elementar, físico-química e de açúcares e ácidos orgânicos com o objetivo de propor alternativas de tratamento deste material que possui alta carga orgânica.

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio e a participação da antiga DANONE e da Yakult.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para caracterização físico-químico utilizaram-se metodologias padrões já estabelecidas (USEPA, Standard Methods, CETESB, APHA-AWWA). Em virtude às características complexas das amostras de efluente lácteo foram necessárias adequações de algumas metodologias para maior confiabilidade dos resultados analíticos. Basicamente, utilizaram-se técnicas de espectrometria e espectrofotometria para a determinação de espécies inorgânicas e HPLC para espécies orgânicas. As medidas de carbono orgânico total (COT) foram realizadas em um analisador de carbono orgânico total Shimadzu TOC-VCPH fundamentado em oxidação catalítica a elevadas temperaturas e determinação de CO₂ por espectroscopia infravermelha.

Para a coleta, preservação e estocagem do efluente lácteo foram necessárias coletas em bombas de 20,0 L do tanque de homogeneização das estações de tratamento de efluente. Acondicionou-as em câmara fria a 4°C na Escola de Engenharia de Lorena.

Os reagentes e soluções empregados foram: ácido nítrico (65 % m/m) e ácido sulfúrico (95 – 97 % m/m), das marcas Carlo Erba Reagenti P.A.-A.C.S. e Vetec, respectivamente. Os reagentes sólidos utilizados para o preparo de soluções e padrões eram de alto grau analítico (P.A.). Água: resistividade de 18,2 mΩ cm obtida por um sistema Millipore, modelo Simplicity.

Para a determinação da DQO em efluente lácteo foram necessárias adaptações da metodologia 5220 D. *Closed Reflux, Colorimetric Method* do APHA Standard Methods (APHA-AWWA, 1998).

Devido às características dos sólidos que compõem a amostra de efluente laticinista, dividiram-se as concentrações dos diversos tipos de sólidos em: totais (ST), totais fixos (STF), totais voláteis (STV), em suspensos fixos (SS) e dissolvidos (SD). Para a determinação de sólidos em efluente lácteo empregou-se o procedimento padrão 2540 *Solids* do Standar Method (APHA-AWWA, 1998).

Os procedimentos mais adequados para a análise de ferro em água e efluentes em relação a limite de detecção e sensibilidade são: métodos espectrométricos de absorção atômica, método espectrométricos de emissão atômica com plasma acoplado indutivo e os procedimentos espectrofotométricos. A metodologia utilizada para a determinação de ion ferroso baseou-se no procedimento padrão 3500-Fe A - *Phenanthroline Method* do *Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

Para a determinação dos elementos alumínio (Al), cálcio (Ca), ferro (Fe), magnésio (Mg), cádmio (Cd), chumbo (Pb) e arsênio (As) fez-se a adaptação da metodologia do *Standard Methods* (3000 - Metals), baseada a análise de elementos metálicos via atomização por chama [*Flame atomic absorption spectrometry (FAAS)*], para a determinação de Al, Ca, Fe e Mg, e análise via atomização eletrotérmica [*Eletrothrmal atomic*



absorption spectrometry (ETAAS)], para a determinação As, Cd e Pb (APHA-AWWA, 1998). As condições analíticas para a determinação dos elementos no efluente lácteo via EAA - Chama estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros para a determinação elemental via EAA – Chama.

Fluxo de gás (L min ⁻¹)	Al	Ca	Fe	Mg
Ar / C ₂ H ₂	-	18,0 / 2,8	18,0 / 0,2	17,0 / 2,0
N ₂ O / C ₂ H ₂	16,0 / 7,8	-	-	-
Tampão	KCl	-	-	-
Espectroscópico	(0,1%)	-	-	-

A programação utilizada para as determinações via – EAA-FG e via – EAA-Chama é mostrada na tabela 2. As programações utilizadas para as determinações espectrométricas por atomização eletrotérmica (ou ETAAS) estão apresentadas na tabela 3. As condições adotadas para a determinação elemental por ETAAS obedecem às condições SPTF (*Standard Platform Temperature Furnace*).

Tabela 2: Condições experimentais para determinação de metais em espectrometria de absorção atômica com atomização por chama e forno de grafite.

Elementos	Parâmetros				
	Comprimento de Onda (nm)	Abertura de Fenda (nm)	Corrente da Lâmpada (mA)	Aliquota da Amostra (µL)	Modificador Químico (50 µg NH ₄ H ₂ PO ₄ + 3 µg Mg(NO ₃) ₂)
Al	309,3	0,70	25	-	-
As	193,7	0,70	380	10	10
Ca	422,7	0,70	10	-	-
Cd	228,8	0,70	4	10	10
Fe	248,3	0,20	30	-	-
Pb	283,3	0,70	440	10	10
Mg	202,6	0,70	6	-	-

Tabela 3: Programação do forno de grafite HGA para a determinação dos elementos As, Cd e Pb nas amostras de efluente lácteo.

Etapa	Temp. (°C)			Rampa de Aquecimento (s)			Tempo de plataforma (s)			Fluxo de Argônio (L min ⁻¹)		
	Cd	As	Pb	Cd	As	Pb	Cd	As	Pb	Cd	As	Pb
Secagem	150	110	150	10	15	10	20	30	20	250		
Pirólise	800	1200	900	30	10	30	20	20	10	250		
Atomização	1400	2000	1500	0	0	0	5	0	5	0		
Resfriamento	50	-	-	5	-	-	5	-	-	250		
Limpeza	2450	2450	2500	5	3	5	3	3	3	250		
Resfriamento	20	20	20	5	5	5	5	5	5	250		

Todas as medidas de absorção atômica foram feitas em espectrômetro de absorção atômica PerkinElmer modelo AAnalyst 800 por espectrometria de absorção atômica com aquecimento eletrotérmico (EAA-FG) ou chama (EAA-Chama) nas amostras de efluente lácteo. Para a determinação elemental utilizou-se da programação padrão do equipamento sendo necessário somente a otimização do pré-tratamento utilizado para a abertura das amostras.

Para a determinação de fósforo total foram necessárias adequações da metodologia 4500-P C. *Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method* do *Standard Methods* (APHA-AWWA, 1998). A análise de fósforo em efluentes é essencialmente feita através da espectrofotometria, onde os ortofosfatos combinam-se com o chamado reagente combinado (solução de molibdato de amônio e metavanadato de amônio), formando um complexo amarelo, que tem seu máximo de absorbância a 470 nm.

Para a determinação do nitrogênio orgânico e amoniacal, procede-se a destilação da amônia gasosa, mediante a elevação de pH com hidróxido de sódio e solução tampão, sendo absorvida em solução de ácido bórico. Para



a determinação do nitrogênio orgânico, após a remoção da amônia por destilação, o nitrogênio é convertido em sulfato de amônio por digestão com ácido sulfúrico, sulfato de potássio e catalisador sulfato de mercúrico. O produto digerido é, em seguida, tratado com solução de tiosulfato de sódio em meio alcalino, e a amônia resultante é destilada. O produto da destilação é convertido em complexo estável com reagente de Nessler (Nesslerização), com coloração alaranjada, que absorve em 420 nm.

As medidas de COT foram realizadas em um analisador de carbono orgânico total da Shimadzu, modelo TOC-VCPH, fundamentado na oxidação catalítica a elevadas temperaturas, e determinação de CO_2 por espectroscopia no infravermelho (NDIR). Utilizou-se como metodologia padrão aquela descrita por Sottoriva (2006). Para a determinação do carbono orgânico foi necessário preparar uma curva de calibração a partir de um padrão de biftalato de potássio, cobrindo a faixa de 0 a 500 mg L^{-1} . Para o carbono inorgânico (CI) a curva foi preparada com um padrão misto de Na_2CO_3 e NaHCO_3 na faixa compreendida entre 0 e 500 mg L^{-1} .

Óleos e graxas, de acordo com o procedimento analítico a ser empregado (metodologia 5520 D. *Soxhlet Extraction Method*), consistem num conjunto de substâncias que um determinado solvente consegue extrair da amostra, e que não se volatiliza durante a evaporação do solvente a 100 °C. Os despejos de origem industrial são os que mais contribuem para o aumento de matérias graxas nos corpos d'água. Dentre os despejos podemos citar os de refinarias, frigoríficos, saboarias etc. Os óleos e graxas em seu processo de decomposição reduzem o oxigênio dissolvido, elevando a concentração da DBO_5 e da DQO, causando alteração no ecossistema aquático; a recomendação é de que os óleos e as graxas sejam virtualmente ausentes para as classes 1, 2 e 3 (CETESB, 2007).

Para a determinação da turbidez nefelométrica das amostras de efluente investigadas utilizou-se um turbidímetro da TECNOPON, modelo TB 1000. Para a calibração do equipamento utilizaram-se padrões de 0,1, 0,8, 8, 80 e 100 NTU. Para a análise do efluente bruto foi necessário diluir de 5 a 6 vezes com água deionizada.

A cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) é uma técnica de separação fundamentada na distribuição dos componentes de uma mistura entre duas fases imiscíveis, a fase móvel, líquida, e a fase estacionária, contida em uma coluna (COLLINS, 2006). As amostras foram homogeneizadas e condicionadas a 25 °C utilizando-se ultra-som por 40 min para melhor homogeneização e solubilização do material em suspensão. Para o preparo das soluções retiraram-se alíquotas de 50,0 mL e transferiu-se para Erlenmeyer 100 mL, condicionando-se a pH 1 com adição de H_2SO_4 e tampando-os posteriormente com rolhas de algodão e gaze. Em seguida fez-se a autoclavagem das amostras por 30 minutos a 1 atm, de maneira a degradar os polissacarídeos e oligossacarídeos a monômeros. Após resfriamento filtraram-se as amostras em papel de filtro (*Watmann, 6Φ*), previamente tarados para a determinação da massa residual e o papel foi sendo lavado com 40,0 mL de água deionizada de maneira a garantir uma análise quantitativa o mais exata possível. O filtrado foi recolhido em balões de 100,0 mL e avolumados. Por fim fez-se a filtração das amostras contidas no balão com uso de filtro Sep-pak (C18) e o material eluído eram então levados para análise no CLAE.

RESULTADOS

Aliando-se os valores obtidos na validação das metodologias e das caracterizações analíticas elaborou-se a tabela 3. A seguir são apresentados os resultados das caracterizações físico-químicas do efluente lácteo da DANONE e Yakult, bem como alguns valores tipicamente encontrados em efluente lácteo.

Ao comparar os resultados obtidos com os das diversas literaturas, verificou-se a heterogeneidade que este tipo de efluente apresenta. Esta variação deve-se, principalmente, ao tipo de processamento dado ao leite e às características físico-químicas da matéria-prima (NDEGWA et al, 2007; BANU et al, 2008; CAMPOS et al, 2004; AFONSO et al, 2001; PAN et al, 2006; MENDES et al, 2006; ALMEIDA et al, 2004). Há referências em que o efluente de trabalho foi obtido no equalizador (NDEGWA et al, 2007) da estação de tratamento da unidade fornecedora; diretamente da linha de produção; e, em poucos casos, verificou-se o uso de efluentes sintéticos que se assemelhassem ao efluente de uma planta local produtora de derivados lácteos líquidos (BANU et al, 2008). Em função da heterogeneidade que este tipo de efluente apresenta Janczukowicz et al (2008) verificaram a eficiência de degradação do sistema lodo ativado na biodegradação destes resíduos e constataram que, dependendo da carga orgânica do resíduo líquido obtido, este pode levar à sobrecarga de um



sistema de tratamento, principalmente quando o efluente a ser tratado apresenta significativa concentração de soro.

Tabela 3: Caracterização físico-química dos efluentes *in natura* investigados neste projeto e valores de literatura para comparação.

Parâmetros	Efl. bruto DANONE	Efl. bruto YAKULT	Valores encontrados na literatura ^(referências)	Legislação (art. 18 ^a ; CONAMA 357 ^b)
DQO (mg L ⁻¹)	6000 ± 1697,1	3782,5 ± 37,6	797 – 80000 ^(1,2,4,6,7)	--
DBO (mg L ⁻¹)	1825 ± 530,3	872,7 ± 183,8	1292 – 60000 ^(2,5,7)	^a 60 mg L ⁻¹
ST (mg L ⁻¹)	1370 ± 573,8	3840 ± 50	545 – 15720 ^(1,2,4,6)	--
STF (mg L ⁻¹)	335 ± 106,1	520 ± 60	119 ⁽⁴⁾	--
STV (mg L ⁻¹)	890 ± 104,1	3220 ± 60	426 – 10900 ^(1,4)	--
SS (mg L ⁻¹)	395 ± 163,0	--	454 ⁽⁵⁾	^a 100 mg L ⁻¹
SD (mg L ⁻¹)	535 ± 360,6	--	--	--
N amoniacal (mg L ⁻¹)	0,139 ± 0,01	0,94 ± 0,05	0,25 – 657 ⁽¹⁾	^a 20 mg L ⁻¹
N orgânico (mg L ⁻¹)	0,478 ± 0,081	1,32 ± 0,02	16,5 – 1048 ^(1,2)	--
O & G's (mg L ⁻¹)	3880 ± 183,8	≤ 1,0	4680 ⁽⁶⁾	^a 100 mg L ⁻¹
Íon ferroso (mg L ⁻¹)	5,8 ± 5,47	2,3 ± 1,73	--	^a 15 mg L ⁻¹
Fósforo total (mg L ⁻¹)	7,70 ± 6,98	1,38 ± 0,46	38,6 – 227,1 ^(2,3)	^b 0,15 mg L ⁻¹
pH	5,5 ± 1,0	10,63 ± 0,06	5,25 – 8,0 ^(1,2,3,4,6)	^a Entre 5 e 9
Temperatura (°C)	29,6 ± 4,5	29,4 ± 0,2	28 ⁽⁶⁾	^a < 40 °C
Turbidez (NTU)	1155,0 ± 954,6	19,9 ± 0,4	--	^b < 100 NT
COT (mg L ⁻¹)	661,7 ± 9,9	532,4 ± 8,3	2500 – 5000 ^(2,8)	--

¹NDEGWA et al, 2007; ²BANU et al, 2008; ³PAN et al, 2006; ⁴CAMPOS et al, 2004; ⁵AFONSO et al, 2001;

⁶MENDES et al, 2006; ⁷ALMEIDA et al, 2004; ⁸VILLA et al, 2007

Ao analisar as características físico-químicas do efluente bruto obtidos da Yakult observou-se que não apresentou óleos e graxas, e o teor de sólidos totais voláteis são três vezes superiores ao efluente bruto da DANONE. Isto se deve ao fato da Yakult trabalhar com leite desnatado para a produção de seus derivados e, o pH em 10, favoreceu a permanência dos sólidos totais voláteis no meio por maior tempo de armazenagem. A ausência de O&G no efluente da Yakult pode explicar o fato deste apresentar um valor de DQO inferior aos valores encontrados para o efluente da DANONE, pois é sabido da contribuição de O&G na resposta da DQO (LEAL et al, 2006; MENDES et al, 2006) como demonstrado por Leal et al (2006) ao observar o efeito de diferentes concentrações de O&G presente no efluente lácteo sobre a eficiência de degradação da matéria orgânica em um reator UASB.

Verificou-se a razão de DBO/DQO dos efluentes empregados neste trabalho. Esta relação tem por objetivo verificar a biodegradabilidade de um descarte (PIVELI; MORITA, 1996). Verificou-se que as razões de biodegradabilidade oscilaram em 0,16 a 0,54 para o efluente da DANONE e de 0,18 a 0,28 para o efluente da Yakult. Esta razão DBO/DQO para o efluente da DANONE pode representar um material que, ora promoveria a sobrecarga da estação de tratamento, ora acarretaria dificuldades de tratamento por biodegradação em sistemas aeróbios. Com relação ao efluente obtido da Yakult, verificou-se a necessidade de correções e acréscimo de nutrientes, que permitiram maior eficiência de degradação por um sistema de biodegradação aeróbio (SALAZAR, 2009).

Conforme o CONAMA 357, o teor de óleos vegetais e gorduras animais aceitáveis para o descarte não devem ser superiores a 50 mg L⁻¹. É bem reportado que um sistema de tratamento biológico sofre sérias interferências em sua eficiência de degradação, em função dos teores de O&G (RIBEIRO et al, 2005; LEAL et al, 2006; MENDES et al, 2006). Ao analisar os teores de O&G contidos no efluente bruto da DANONE verificaram-se, através de ensaios de biodegradação em sistema de lodo ativado, a necessidade de um pré-tratamento para aumentar a biodegradabilidade (SALAZAR, 2009).

Com relação à concentração de nitrogênio amoniacal, somente é permitido o descarte de efluentes com concentração igual ou inferior a 20,0 mg L⁻¹ (CONAMA, 2005). Observou-se que, tanto o efluente bruto advindos da DANONE, quanto àquele advindo da Yakult, apresentaram teores aceitáveis para o descarte. As determinações espectrométricas dos elementos metálicos de interesse para o efluente estudado são apresentadas na tabela 4.

**Tabela 4: Determinação das concentrações de alguns açúcares e ácidos orgânicos presentes no efluente analisado.**

Elemento	Efluente trabalhado	Valores máximos permitidos (CONAMA, 2005) ¹
Al (mg L ⁻¹)	0,013 – 0,073	--
As (µg L ⁻¹)	0,35 – 1,53	500,0
Ca (mg L ⁻¹)	4,31 – 18,23	--
Cd (µg L ⁻¹)	0,05 – 0,43	200,0
Fe (mg L ⁻¹)	0,297 – 0,809	15,0
Mg (mg L ⁻¹)	0,09 – 0,250	--
Pb (µg L ⁻¹)	3,60 – 77,80	500,0

¹Valores de comparação tendo como referência padrões de lançamento de efluentes.

Pode-se observar que a resolução CONAMA apresenta somente os limites de concentração de elementos que possuem efeitos deletério à saúde humana, e que tragam prejuízos ao corpo d'água receptor. Todos os elementos metálicos analisados no efluente lácteo da DANONE encontraram-se abaixo dos limites de tolerância.

Estes resultados eram previsíveis em função do tipo de atividade exercida pela empresa e, por ser do setor alimentício e de caráter transnacional, deve obedecer a uma série de normas e sanções nacionais (ANVISA, CETESB, CONAMA etc) e internacionais (FDA, EPA etc), ainda mais restritivas que de outros setores, para exercer suas atividades sem o prejuízo da saúde humana.

Na tabela 5 são reportados os resultados (mg L⁻¹) das análises cromatográficas para as amostras oriundas da DANONE.

Tabela 5: Determinação das concentrações de alguns açúcares e ácidos orgânicos presentes no efluente analisado.

	Concentração média (mg L ⁻¹)	Desvio padrão	Repetibilidade (%)
Glicose	0,6925	0,0135	1,95
Xilose	0,3630	0,0089	2,46
Arabinose	0,2147	0,0055	2,57
Ácido Acético	2,5491	0,0104	0,41

Em função das análises pode-se observar que a concentração de ácido acético é mais significativa que o restante dos compostos analisados. Em função destas características observadas, devido a baixos teores de açúcares e elevado teor de ácido acético, pode-se dizer que o efluente analisado encontrava-se em avançado processo de fermentação. Dentre os microorganismos fermentadores pode-se apontar a presença de bactérias da família das *acetobacter* ou outras espécies microbianas capazes de sintetizar ácido acético.

A ocorrência de açúcares, tais como, a xilose e a arabinose, provavelmente se devem à alimentação do gado leiteiro da região fornecedora de leite para esta unidade laticinista em Guaratinguetá, caracterizado por uma dieta a base de gramíneas e à forma de produção do gado leiteiro (cultura extensiva). A baixa concentração de glicose deve-se ao consumo deste pela flora microbiológica demonstrando, como mencionado anteriormente, a idade do efluente e predominância de certas espécies e famílias de bactérias e fungos (FARIA et al, 2004, CLARK, 1962).

CONCLUSÕES

Dois tipos de efluentes laticinistas foram utilizados, com segmentos de produtos acabados distintos. Ao comparar os resultados de caracterização físico-química do efluente da DANONE e da Yakult, constatou-se a variabilidade que estes tipos de efluentes apresentam, sendo sua composição química influenciada por fatores de processamento, beneficiamento e da matéria prima empregada.



A partir dos estudos realizados verificou-se que o efluente obtido do laticínio em Guaratinguetá apresentou uma razão de DBO / DQO que varia entre 0,20 a 0,45, baixas concentrações de fósforo e nitrogênio e elevados teores de óleos, graxas e ácido acético, condições que dificultam o tratamento biológico.

O efluente lácteo obtido em Lorena apresentou uma razão de DBO/DQO variando em 0,18 a 0,28, pH > 10 e concentração de O&G < 1,0 mg L⁻¹, pois a leite empregado para a condução dos processos fermentativo são previamente desnatado. Para ser submetido a um tratamento biológico este material deve passar por uma etapa de pré-tratamento com o objetivo de aumentar sua biodegradabilidade. Entretanto tem surgido propostas de trabalho que busquem tratar ou pré-tratar este tipo de matriz com a aplicação de técnicas de tratamento baseados em membranas de ultrafiltração, osmose reversa e, mais recentemente aquelas baseadas em processos oxidativos avançados (POAs) (BANU et al, 2008; SALAZAR, 2009; VILLA et al, 2007).

AGRADECIMENTOS

Ao Eng. Antônio Rodriguez de Lima, responsável pela estação de tratamento de efluentes da DANONE, unidade Guaratinguetá, e ao Prof. Ms.C. Gerônimo V. Tagliaferro, pelo fornecimento de amostras de efluente lácteo da Yakult empregadas neste projeto. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado e pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, E.; ASSALIN, M. R.; ROSA, M. A.; DURÁN, N. Tratamento de efluentes industriais por processos oxidativos avançados na presença de ozônio. *Química Nova*, v.27, n.5, p. 818-824, 2004.
2. ALTURKMANI, A. Anaerobic Treatment of Whey in Stirred Batch Reactor In: *Dairy Industry Effluents Treatment*, 2006. p. 1 – 8. Homs Dairy Company Publication. Disponível em: <http://www.homs-dairy.com> Acesso em: 11 nov 2009.
3. APHA-AWWA. Standard methods for examination of water and wastewater. 20.ed. Washington DC: American Public Health Association – American Water works association, 1998.
4. BANU, J. R.; ANADAN, S.; KALIAPPAN, S.; YEOM, I. T. Treatment of dairy wastewater using anerobic and solar photocatalytic methods. *Solar Energy*, 2008 (in press)
5. BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais. São Paulo: CETESB, 1993.
6. CLARK, R. N. Milk Hygiene (Hygiene in Milk Production, processing and Distribution) / Water supply and waste disposal for milk processing plants. In: *World Health Organization Monograph Series No. 48*, World Health Organization Press, p.499 – 529, Geneva, 1962.
7. COLLINS, C. H.; BRAGA, C. H.; BONATO, P. S. Introdução a métodos cromatográficos. 7. ed. Campinas: Ed. Unicamp, 2006. 452p
8. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **CONAMA Nº 357**: disposição sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelecimento das condições e padrões de lançamento de efluentes. Disponível em: < www.mma.gov.br/port/conama >. Acesso em: jul. 2007.
9. FARIA, E. A.; RODRIGUES, I. C.; BORGES, R. V. Estudo do impacto ambiental gerado nos corpos d'água pelo efluente da indústria de laticínio em Minas Gerais. Belo Horizonte, UFMG, 2004. Monografia (Especialização em Engenharia Sanitária e Meio Ambiente)
10. JANCZUKOWICZ, W.; ZIELINSKI, M.; DEBOWSKI, M. Biodegradability evaluation of dairy effluents originated in selected sections of dairy production. *Bioresource Technology*, v. 99, n. 10, p. 4199 – 4205, 2008.
11. LEAL, M. C. M. R.; FREIRE, D. M. G.; CAMMAROTA, M. C.; SANT'ANNA Jr, G. L. Effect of enzymatic hidrolysis on anaerobic treatment of dairy wastewater. *Process Biochemistry*, v. 41, n. 5, p. 1173 – 1178, 2006
12. MENDES, A. A.; PEREIRA, E. B.; CASTRO, H. F. Biodegradação de Águas Residuárias do Laticínios Provenientemente Tratadas por Lipases. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 9, n. 2, p. 143-149, 2006.
13. NDEGWA, P. M.; WANG, L.; VADDELLA, V. K. Stabilisation of dairy wastewater using limited-aeration treatments in batch reactors. *Biosystems Engineering*, v. 97, 379 – 385, 2007



14. NDEGWA, P. M.; WANG, L.; VADDELLA, V. K. Potential strategies for process control and monitoring of stabilization of dairy wastewaters in batch aerobic treatment systems. *Process Biochemistry*, v. 42, n. 9, p. 1272 – 1278, 2007.
15. PAN, S. H.; LO, K. V.; LIAO, P. H.; SCHREIER, H. Microwave pretreatment for enhancement of phosphorus release from dairy manure. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, v. 41, p. 451 – 458, 2006.
16. PIVELI, R. P.; MORITA, D. M. Caracterização de Águas Residuárias / Oxigênio Dissolvido e Medidas de Matéria Orgânica. 1996, 52p. (apostila)
17. PORTAL DO GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO: CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental); Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp#dbo>>, Variáveis de Qualidade das Águas. Acesso em: 15 mar. 2007.
18. RIBEIRO, A. C. P.; CONCEIÇÃO Jr., J. C.; ROSA, D. R.; FREIRE, D. M. G.; CAMMAROTA, M. C. Aplicação de Enzimas Hidrolíticas no Tratamento Aeróbio de Efluentes de Laticínios. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6. 2005, Campinas, SP, 2005.
19. SALAZAR, R. F. S. Aplicação de processo oxidativo avançado (POA) como pré-tratamento de efluente de laticínio para posterior tratamento biológico. 2009. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, 2009.
20. SOTTORIVA, P. R. S. Remediação de Efluentes Têxteis por Processos Oxidativos Avançados Integrados a Lodos Ativados. 2006. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, 2006.
21. VILLA, R. D.; APOLINÁRIO DA SILVA, R.; NOGUEIRA, R. F. P. Potencial de aplicação do processo foto-fenton/solar como pré-tratamento de efluente da indústria de laticínios, v. 30, n. 8, p. 1799 – 1803, 2007.
22. VOURCH, M.; BALANNEC, B.; CHAUFER, B.; DORANGE, G. Treatment of dairy industry wastewater by reverse osmosis for water reuse. *Desalination*, v. 219, p. 190 – 202, 2008.