

Artigo

Utilização do Controle Estatístico de Processo (CEP) na Avaliação de uma Estação de Tratamento de Efluente Agroindustrial

Silva, T. A. L.;* da Silva, H. A.; Santos, D. Q.; Rodrigues, E. C.

Rev. Virtual Quim., 2014, 6 (2), 310-322. Data de publicação na Web: 21 de dezembro de 2013

<http://www.uff.br/rvq>

The Use of Statistical Process Control (SPC) in the Evaluation of Effluent Treatment in an Agroindustrial Plant

Abstract: Nowadays, due to the high level of competitiveness of the market some companies have sought to find a better administrative and operational efficiency. The technique of statistical process control (SPC) is one the statistical tools that allows a better view of abnormalities in the process and consequent improvement in the quality and productivity of the companies. Developed and widely applied in the production lines of manufactured goods, the SPC has shown a great potential for use in the optimization process of waste treatment. In this context, the present study aimed to characterize the physicochemical properties of the treated effluent from the oilseed agroindustry and analyze the variability of the wastewater treatment process using Shewhart control letters interpreted through eight criteria of non-randomness proposed by the ISO 8258:1991. The samples collected and the analytical procedures were performed by reference methodologies for the analysis of water and waste water. The statistical analysis consisted in the codification of the variables, Dixon test application and preparation of control letters. The results showed that 10 parameters are out of statistical control of the process, which has shown a consistent variability with five of the eight criteria for detecting special causes, however 9 variables were under statistical process control. In this perspective we note the instability of the process in the effluent treatment of the oilseed agroindustry, which can be corrected with actions that minimize the occurrence of special causes and anticipates the decision to be made regarding the treatment of effluents.


Keywords: Oilseed agroindustry; Letter of control; Effluent; Physical and chemical properties.

Resumo

Atualmente, em virtude da alta competitividade do mercado as empresas tem buscado maior eficiência administrativa e operacional. A técnica de controle estatístico de processo (CEP) é uma das ferramentas estatísticas que permite a visualização de anomalias no processo e consequente melhoria da qualidade e produtividade nas empresas. Desenvolvido e largamente aplicado em linhas de produção de produtos manufaturados, o CEP apresenta grande potencial de utilização na otimização de processos de tratamento de resíduos. Neste contexto o presente trabalho objetivou caracterizar as propriedades físico-químicas do efluente tratado de agroindústria oleaginosa e analisar a variabilidade do processo de tratamento de efluentes por meio de cartas de controle de Shewhart interpretadas por meio de oito critérios de não aleatoriedade propostos pela norma ISO 8258:1991. A coleta das amostras e os procedimentos analíticos foram realizados mediante metodologias de referência para a análise de água e efluentes. A análise estatística consistiu na codificação das variáveis, aplicação do teste de Dixon e elaboração das cartas de controle. Os resultados evidenciaram que 10 parâmetros apresentam-se fora de controle estatístico de processo, os quais apresentaram variabilidade condizente com cinco dos oito critérios de detecção de causas especiais, no entanto 9 variáveis estavam sob controle estatístico de processo. Nessa perspectiva nota-se a instabilidade do processo de tratamento de efluentes da agroindústria oleaginosa, a qual poderá ser corrigida com ações que minimizem a ocorrência de causas especiais e antecipação de tomada de decisões referente ao tratamento de efluentes.

Palavras-chave: Agroindústria oleaginosa; Carta de controle; Efluente; Propriedades físico-químicas.

* Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Itumbiara, CEP:75524-010, Itumbiara-GO, Brasil.

 thiago_1209@hotmail.com

DOI: [10.5935/1984-6835.20140022](https://doi.org/10.5935/1984-6835.20140022)

Utilização do Controle Estatístico de Processo (CEP) na Avaliação de uma Estação de Tratamento de Efluente Agroindustrial

Thiago A. L. Silva,^{a,*} Haienny A. da Silva,^a Douglas Q. Santos,^b Emanuel C. Rodrigues^c

^a Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Itumbiara, CEP:75524-010, Itumbiara-GO, Brasil.

^b Universidade Federal de Uberlândia, Escola Técnica de Saúde (ESTES), CEP: 38400-902, Uberlândia-MG, Brasil.

^c Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus Barretos, CEP: 01109-010, Barretos-SP, Brasil.

* thiago_1209@hotmail.com

Recebido em 5 de junho de 2013. Aceito para publicação em 15 de dezembro de 2013

1. Introdução

2. Metodologia

2.1. Descrição do processo de geração e tratamento do efluente

2.2. Coleta, preparação das amostras e metodologia de análise

2.3. Parâmetros de análises

2.4. Tratamento estatístico dos resultados

3. Resultados e Discussão

3.1. Análises físico-químicas

3.2. Cartas de controle de Shewhart

4. Conclusão

1. Introdução

É crescente a preocupação com a qualidade das águas superficiais utilizadas como suporte para eliminação de resíduos produzidos em processos industriais uma vez que a falta de gerenciamento de recursos hídricos pode levar a grandes impactos ambientais. A disposição de águas residuárias

industriais em redes de esgoto ou em corpos hídricos receptores deve atender aos padrões de lançamento estipulados por normas e regulamentações ambientais, pois o não atendimento dos parâmetros estabelecidos pode acarretar em sanções legais como autuações e interrupções dos lançamentos de efluentes.¹

As agroindústrias de produção de óleo vegetal possuem águas residuárias originárias

de fontes variadas como: lavagem de pisos e equipamentos oleosos; água de sistema de resfriamento, de geradores de vapor e trocadores de calor; bem como de esgotos sanitários.² Estas indústrias apresentam dificuldades no controle do tratamento de efluentes devido a complexidade física e química dos resíduos, uma vez que estes são constituídos de parcelas significativas de compostos lipídicos, frações de carboidratos complexos e material protéico em degradação.³

O sistema biológico de lodo ativado é um dos processos mais utilizados para este tipo de resíduo, uma vez que representa baixo custo de investimento e alta eficiência na diminuição dos índices de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5) e Demanda Química de Oxigênio (DQO).⁴ Tal redução ocorre pois o mesmo promove a digestão da matéria orgânica por ação de microrganismos, convertendo-a em gás carbônico (CO_2), água (H_2O) e material celular (crescimento e reprodução de microrganismos).⁵

Nesse contexto, cabe destacar que a elevada descarga de efluentes provindos de agroindústrias aliada a rigurosidade dos padrões de lançamento deste no meio ambiente, atuam como fator de pressão para que estes empreendimentos entendam melhor a concepção e a gestão dos processos de tratamento biológico de águas

residuárias.⁶

Sendo assim, uma das formas de gerir com eficiência e confiabilidade o processo de tratamento de resíduos líquidos industriais, consiste na utilização do controle estatístico de processos (CEP), o qual é um conjunto de ferramentas úteis para monitoramento on-line da qualidade. Por meio deste consegue-se uma descrição detalhada do comportamento do processo, identificando sua variabilidade e possibilitando seu controle ao longo do tempo, através da coleta continuada de dados e da análise e bloqueio de possíveis causas especiais, responsáveis pelas instabilidades do processo.⁷

Uma das ferramentas utilizadas pelo CEP são as cartas de controle de Shewhart, as quais são construídas por meio de medições de variáveis de interesse em pontos espaçados no tempo, registro dos resultados e plotagem dos valores de medição da variável de interesse no eixo vertical e dos pontos no tempo no eixo horizontal. Estas são interpretadas em função de linhas horizontais, chamadas de limite superior de controle (LSC) – média acrescida de 3 desvios padrões, linha da média (LM) e limite inferior de controle (LIC) – média decrescida de 3 desvios padrões, e das respectivas zonas formadas, as quais são calculadas conforme as equações **(1)**, **(2)** e **(3)**:

$$\text{Zona A} = x_m \pm 3s \quad (1)$$

$$\text{Zona B} = x_m \pm 2s \quad (2)$$

$$\text{Zona C} = x_m \pm 1s \quad (3)$$

Onde: x_m é o valor da média das variáveis; s é o valor do desvio-padrão.

Nesta perspectiva, o presente trabalho objetivou caracterizar algumas propriedades físico-químicas do efluente tratado da agroindústria oleaginosa, sendo: ânions (nitrito e nitrato), cor, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5), fósforo total, nitrogênio amoniacal, nitrogênio orgânico, nitrogênio

total, óleos e graxas, pH, sólidos (dissolvidos, sedimentáveis, suspensos, fixos, voláteis e totais), temperatura e turbidez, bem como analisar a variabilidade do processo de tratamento de efluentes por meio da elaboração e interpretação das cartas de controle de Shewhart com base nos critérios de não aleatoriedade definidos pela norma ISO 8258:1991.⁸

2. Metodologia

2.1. Descrição do processo de geração e tratamento do efluente

O efluente em estudo foi coletado em uma agroindústria de produção de óleo vegetal situada no município de Itumbiara-GO, sendo este gerado a partir das seguintes fontes: água da chuva advinda das caneletas de escoamento, água utilizada na produção de óleo, farelo e linter de algodão, água provinda da lavagem do pátio e de equipamentos industriais, bem como dos

rejeitos sanitários da instalação fabril.

O sistema de tratamento de águas residuárias originadas do processo fabril e sanitário da referida indústria é dividido em três etapas: tratamento preliminar, o qual promove a remoção de sólidos grosseiros, flutuantes e óleos e graxas; tratamento primário no qual se realiza a equalização, flotação por ar dissolvido (FAD) e raspagem superficial do material flotado e por fim ocorre o tratamento secundário com utilização do sistema de lodo ativado com aeração prolongada, sendo o efluente tratado disposto em três lagoas facultativas (Figura 1).

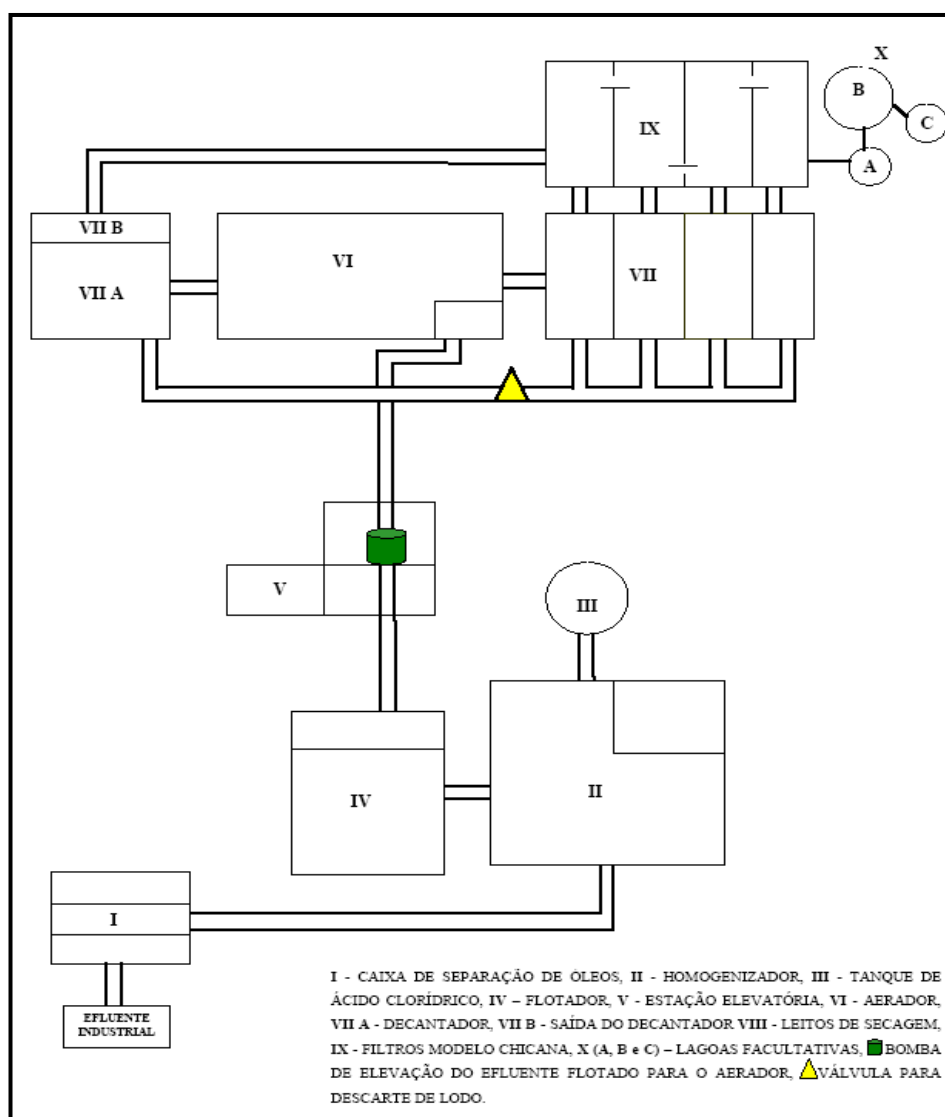


Figura 1. Fluxograma da Estação de Tratamento de Efluentes da Agroindústria

2.1. Coleta, preparação das amostras e metodologia de análise

Para caracterização físico-química do efluente tratado, o mesmo foi coletado de forma manual e em frascos plásticos esterilizados, uma amostra por mês no período de janeiro de 2009 a setembro de 2010 perfazendo 21 amostras. Após cada coleta, os frascos contendo as amostras foram etiquetados e em condicionados sob refrigeração para realização das análises.

2.2. Parâmetros de análises

Os parâmetros físico-químicos avaliados do efluente em estudo foram: ânions (nitrito e nitrato), Cor, DBO₅, DQO, Fósforo total, Nitrogênio (amoniacoal, orgânico e total), Óleos e graxas, pH, Sólidos (dissolvidos, sedimentáveis, suspensos, fixos, voláteis e totais), Temperatura e Turbidez. Na determinação de ânions seguiu-se a metodologia EPA-300.1⁹ e para os demais parâmetros, os procedimentos analíticos preconizados em metodologias de referência para análise de água e efluentes.¹⁰ Os parâmetros físico-químicos avaliados no efluente em estudo e as metodologias de referência para estes, seguem descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos analisados no efluente tratado

Parâmetros Físico-químicos	Normas	Padrões de Lançamento de Efluentes ¹¹
Ânions (nitrito-N, nitrato-N)	300.1	_____
Cor	2120 – C	_____
Demanda Química de Oxigênio - DQO	5220 – D	_____
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO ₅	5210 – B	_____
Fósforo Total	4500 P – C	_____
Nitrogênio Amoniacal	4500 NH ₃ – E	20,0 mg.L ⁻¹ N
Nitrogênio Orgânico	4500	_____
Nitrogênio Total Kjeldahl	4500	_____
Óleo e Graxas	5220 – B	50,0 mg.L ⁻¹
pH (a 20° C)	4500-H ⁺ - B	5 – 9
Sólidos Totais Dissolvidos – STD	2540 – C	_____
Sólidos Suspensos Sedimentáveis – SSS	2540 – F	1,0 mL.L ⁻¹
Sólidos Suspensos Totais – SST	2540 – D	_____
Sólidos Totais Fixos – STF	2540 – D	_____
Sólidos Totais Voláteis - STV	2540 – D	_____
Sólidos Totais – ST	2540 – B	_____
Temperatura	5250 – B	≤ 40°C
Turbidez	2130 – B	_____

2.4. Tratamento estatístico dos resultados

A análise estatística dos resultados físico-químicos do efluente tratado em questão foi realizada no Laboratório de Quimiometria da Universidade Federal de Uberlândia-MG (UFU) usando o software Statística 7.0. Aplicou-se o teste de Dixon para avaliar a presença de dados dispersos em todos os parâmetros antes da construção das referidas cartas de controle.¹² Para a elaboração das cartas de controle os valores das variáveis foram codificadas conforme a equação (4):

$$x_c = \frac{x_i - x_m}{s} \quad (4)$$

Onde: x_c é o valor da variável codificada; x_i é o valor da variável medida; x_m é o valor da média das variáveis; s é o valor do desvio-padrão.

3. Resultados e Discussão

3.1. Análises físico-químicas

Os resultados das análises físico-químicas do efluente tratado da agroindústria estão apresentados nas Tabelas 2 e 3. Todos os resultados das análises foram codificados, normalizando cada parâmetro através do Software Statística 7.0 e os valores dispersos foram desconsiderados para a construção das cartas de controle.

Tabela 2. Análises físico-químicas do efluente tratado da agroindústria parte I

pH	Sólidos Suspensos		Sólidos Totais			Sólidos Totais	DBO ₅	DQO
	Totais	Sedimentáveis	Dissolvidos	Voláteis	Fixos			
-	mg L ⁻¹	mL L ⁻¹	mg L ⁻¹			mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹
7,79	37	0,4	1405	1084	450	1359	72,0	636*
7,32	12	0,3	1238	517	744	1261	16,0	44
7,89	28	0,3	1566	254	1343	1597	43,0	150
7,65	18	0,3	1324	120	1233	1353	5,9	21
7,86	4	0,3	1414	151	1301	1453	33,0	119
7,80	24	0,3	1546	50	1550	1600	3,0	37
7,69	24	0,3	1500	108	1536	1644	7,0	78
7,51	60	0,6	1694	178	1752	1930	11,0	131
8,02	52	18,0*	1910	368	1606	1974	14,0	58
7,84	24	0,3	1392	170	1302	1472	3,0	34
6,90	19	0,3	1204	720	530	1250	28,0	75
8,40	30	0,3	1151	622	625	1247	11,0	44
6,10	74	1,3*	1392	646	802	1448	40,0	93
7,10	24	0,3	1726	68	1708	1776	4,0	38
7,00	56	0,3	1532	694	896	1590	7,0	57

7,70	6	0,3	900	4	1722	908	10,0	87
6,20	20	0,3	800	58	794	852	11,0	94
7,90	16	0,3	1108	234	884	1118	7,0	101
7,20	38	0,5	1320	252	1230	1482	10,0	114
8,02	48	0,3	1899	96	1993	2089	8,5	24
7,51	46	0,6	2556	171	2479	2650	6,0	68

* valores dispersos

Tabela 3. Análises físico-químicas do efluente tratado da agroindústria parte II

Fósforo	Nitrogênio			Nitrato	Nitrito	Cor	Turbidez	Óleos e Graxas	Temperatura
	Orgânico	Amoniacal	Total						
mg L ⁻¹	mg L ⁻¹			mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	Pt/Co	NTU	mg L ⁻¹	°C
9,1	53,0	5,10*	53,0	58,0	0,20	72	25,0	2	26,0
22,0*	57,0	0,14	57,0	65,0	0,20	61	1,1	4	30,0
11,0	1,5	0,10	1,5	0,3	0,08	94	7,7	3	28,0
5,6	1,3	0,16	1,5	0,2	0,02	88	3,8	5	27,0
11,0	6,7	1,70*	8,4	1,0	0,20	94	4,7	5	25,2
2,8	4,5	0,10	4,5	17,0	0,20	57	1,5	1	22,0
2,8	71,0	0,10	71,0	1,0	0,20	88	2,2	2	22,0
2,9	3,0	39,00*	42,0	0,2	0,12	301*	12,0	1	24,0
3,5	3,8	0,17	4,0	3,0	9,20*	114	10,0	1	28,0
3,2	7,0	0,10	7,0	0,3	0,02	610*	1,3	1	24,0
5,0	2,6	0,10	2,6	0,1	0,02	155	35,0	3	26,0
2,7	0,7	0,20	0,9	0,1	0,02	86	4,0	1	27,0
4,7	3,7	0,10	3,7	1,0	0,20	304*	44,0	1	28,0
1,7	4,2	0,13	4,3	1,0	0,20	70	5,8	1	26,0
6,5	1,8	0,26	2,1	1,1	0,02	148	6,3	1	27,0
5,2	9,7	0,35*	10,0	0,5	0,20	124	4,3	1	22,0
15,0	8,9	0,20	9,1	22,0	0,10	126	3,1	1	26,0
4,5	12,0	0,60*	13,0	38,0	0,20	124	15,0	2	20,0
6,5	8,7	1,30*	10,0	13,0	0,10	108	37,0	1	19,0
8,3	15,7	0,20	15,9	2,0	0,40*	163	4,4	1	20,0
9,9	3,4	0,20	3,6	0,5	0,10	124	6,8	1	18,0

* valores dispersos

3.2. Cartas de controle de Shewhart

estabelecidos na ISO 8258:1991, os quais se apresentam descritos na Tabela 4.

Para a análise das cartas de controle de Shewhart utilizou-se os critérios

Tabela 4. Critérios de não aleatoriedade propostos pela ISO 8258:1991 para interpretação das cartas de controle de Shewhart

CRITÉRIOS PARA DETECÇÃO DE CAUSAS ESPECIAIS - ISO 8258:1991
01. Um ponto além dos limites de controle;
02. Nove pontos consecutivos na zona C ou além, no mesmo lado da linha central;
03. Seis pontos consecutivos progredindo ou regredindo;
04. Quatorze pontos consecutivos alternando para cima e para baixo;
05. Dois de três pontos consecutivo na zona A, do mesmo lado da linha central;
06. Quatro de cinco pontos consecutivos na zona B ou além, do mesmo lado da linha central;
07. Quinze pontos consecutivos na zona C acima e abaixo da linha central;
08. Oito pontos consecutivos em ambos os lados da linha central, sem nenhum na zona C.

No primeiro critério, enquadra-se a variável DBO₅ a qual se encontra fora de controle estatístico de processo por apresentar o ponto 1 além do limite superior de controle (LSC) (Figura 1).

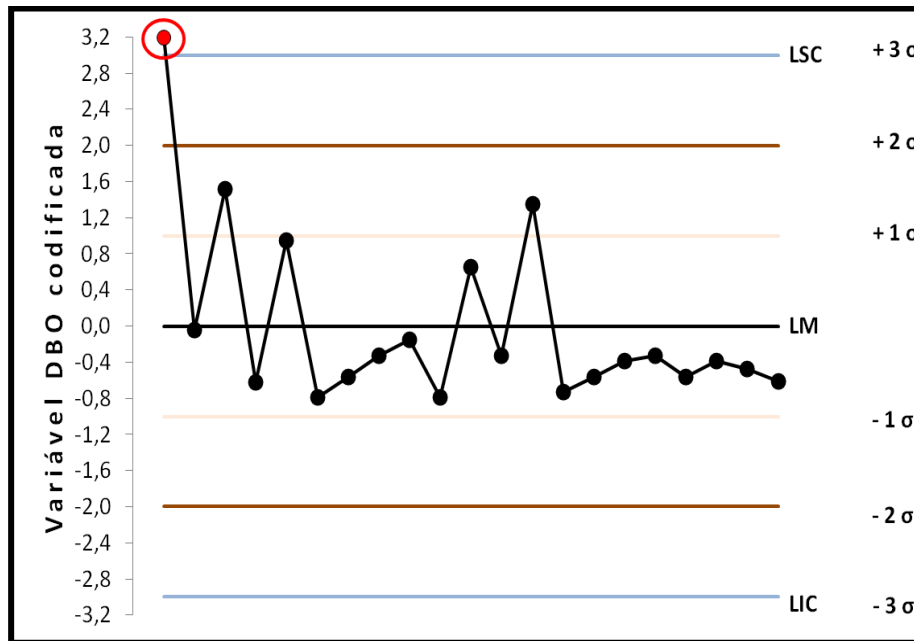


Figura 1. Carta de controle da média para os dados de DBO₅ codificados

A ocorrência do ponto identificado além do LSC está associada possivelmente à elevada descarga de matéria orgânica aliada aos erros na medição, quebra de ferramentas, desregulagem do instrumento de medição ou falta de identificação da medida por parte do operador.¹³ Tal comportamento apresentado pelo parâmetro DBO₅ indica a necessidade de um monitoramento mais rigoroso, visando evitar a depleção de oxigênio no corpo receptor e

logo comprometer o equilíbrio do ecossistema aquático.^{5,14}

De acordo com critério 2 os parâmetros: fósforo, nitrogênio orgânico, nitrogênio total e nitrato estão apresentando a ocorrência de causas especiais e conseqüentemente determinando um processo sem controle estatístico. A carta representativa para este critério (Figura 2), confirma essa análise por meio da observação do comportamento que os pontos 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13 assumem na zona C.

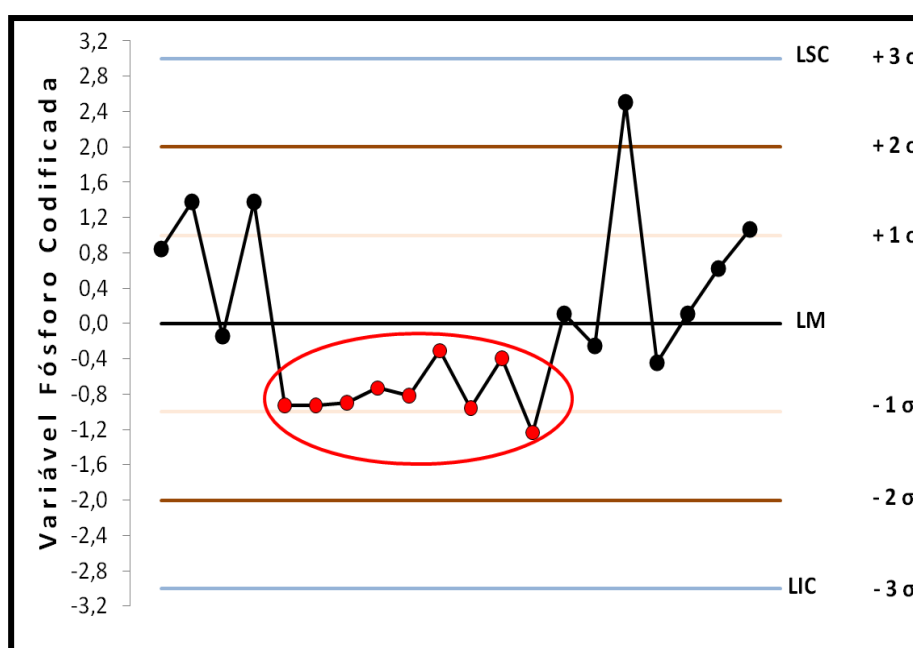


Figura 2. Carta de controle da média para os dados de fósforo codificados

As prováveis causas especiais da variabilidade evidenciada são originadas principalmente das mudanças no ajuste da máquina, defeitos de um dos componentes do equipamento e a grande heterogeneidade do material recebido.¹³ As propriedades nitrogenadas do efluente devem apresentar-se estáveis, pois o nitrogênio assim como o fósforo é considerado um macronutriente indispensável para o crescimento exacerbado de algas (eutrofização), o qual ocasiona a redução dos níveis de oxigênio no corpo receptor. Outro fator que merece destaque refere-se à conversão do nitrogênio, visto

que está traz implicações na operação de estações de tratamento de esgotos em questões inerentes ao consumo de oxigênio, consumo de alcalinidade e sedimentabilidade do lodo.⁵

O terceiro critério de não aleatoriedade aplica-se as variáveis DQO e sólidos totais, as quais apresentam uma sequência de seis pontos ascendentes, conforme comportamento representativo na carta de controle de Shewhart para a DQO (Figura 3), representando perda de controle de processo.

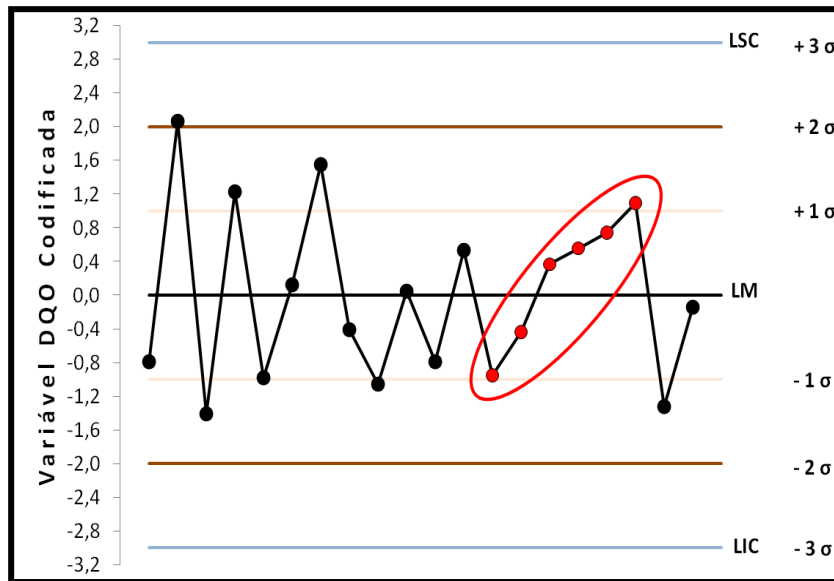


Figura 3. Carta de controle da média para os dados da Demanda Química de Oxigênio (DQO) codificados

O comportamento sistemático de tendência apresentado pelas variáveis DQO e sólidos totais, em geral, ocorre devido a um desgaste ou deteriorização gradual de uma ferramenta, e também pode resultar-se de causas humanas tais como, fadiga do operador e de fatores sazonais como a temperatura.¹⁵

A periodicidade encontrada pode estar associada à heterogeneidade da matéria-prima recebida, ao rodízio de

operadores, gabaritos e instrumentos, bem como a diferença existente entre os turnos de operação.¹³

Os parâmetros analíticos nitrato e óleo e graxas (O & G) apresentam-se instáveis, pois exibem dois de três pontos consecutivos na zona A do mesmo lado da linha central, conforme elucidado na carta de controle de O & G, representativa para este critério (Figura 4).

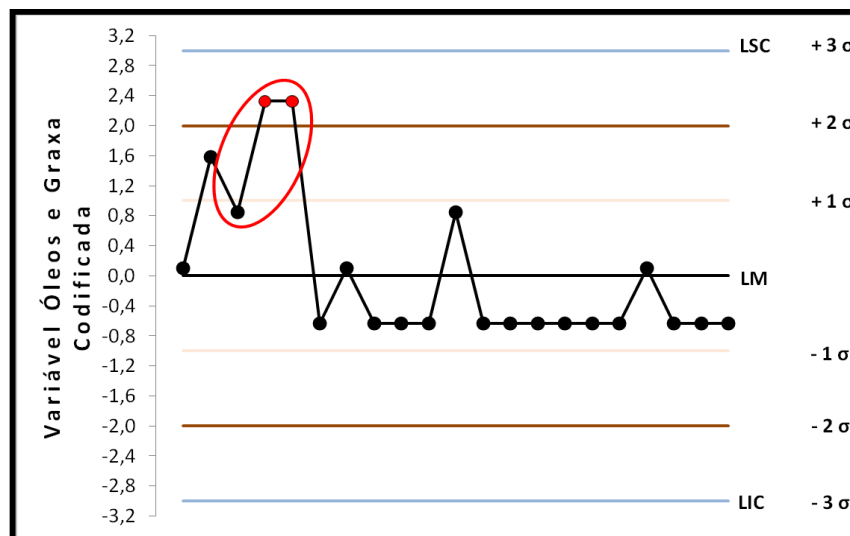


Figura 4. Carta de controle da média para os dados de Óleos e Graxas codificados

A instabilidade identificada nos óleos e graxas do efluente tratado merece atenção, pois provavelmente ocorreu uma sobrecarga de efluente bruto com alta concentração de lipídeos na entrada do processo de tratamento, a qual não foi reduzida com eficiência no tratamento preliminar e primário. Nesse contexto, vale ressaltar que elevadas concentrações de óleos e graxas podem interferir nos processos biológicos, causando ineficiência no tratamento e consequentemente ocasionando a formação de filmes de óleo na superfície do corpo receptor, os quais impedem a difusão de oxigênio do ar para esse meio e promovem a

mortandade da vida aquática.¹⁶ Outra questão relevante no que refere-se à alta concentração de lipídeos em efluentes industriais, concerne na formação de lodo com menor atividade hidrolítica e na geração de aglomerados nos flocos de lodo biológico, a qual dificulta a sedimentação e contribuiu para geração de odores desagradáveis.^{17,18}

De acordo com o sexto critério de não aleatoriedade, a variável temperatura apresenta perda de controle de processo porque no intervalo dos pontos 16 a 21, quatro destes (17-21) apresentam-se dispostos na zona B do mesmo lado da linha central (Figura 5).

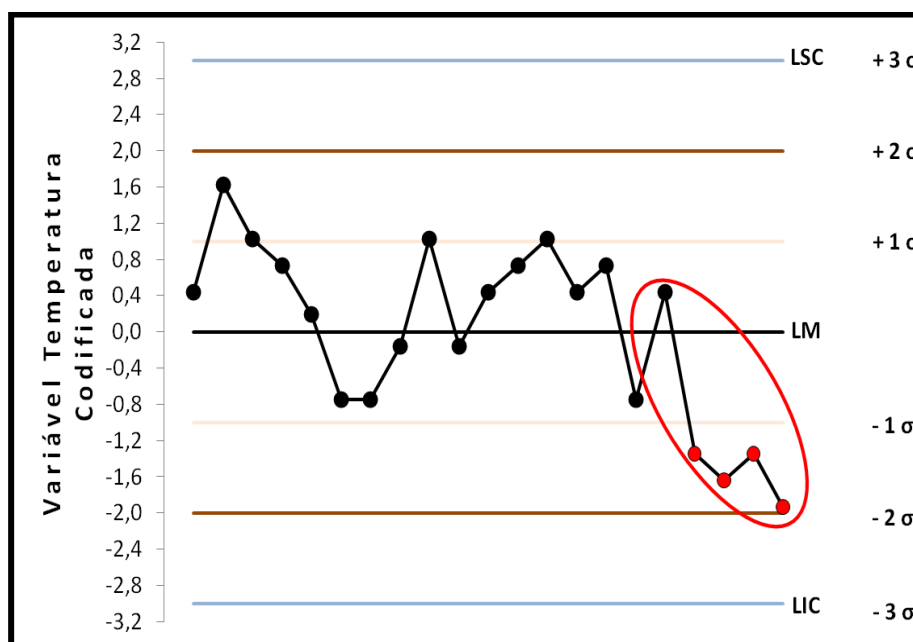


Figura 5. Carta de controle da média para os dados da temperatura codificados

A garantia de que a variável temperatura esteja controlada estatisticamente mostra-se necessária, visto que este parâmetro deve proporcionar condições ótimas para ocorrência de reações bioquímicas que realizarão a remoção de poluente durante o tratamento de águas residuárias.⁵

As principais causas que ocasionaram a instabilidade estatística no processo de tratamento de efluentes da agroindústria em estudo estão descritas no diagrama de Ishikawa (Figura 6), também conhecido como “espinha de peixe” ou “diagrama de causa e efeito”.

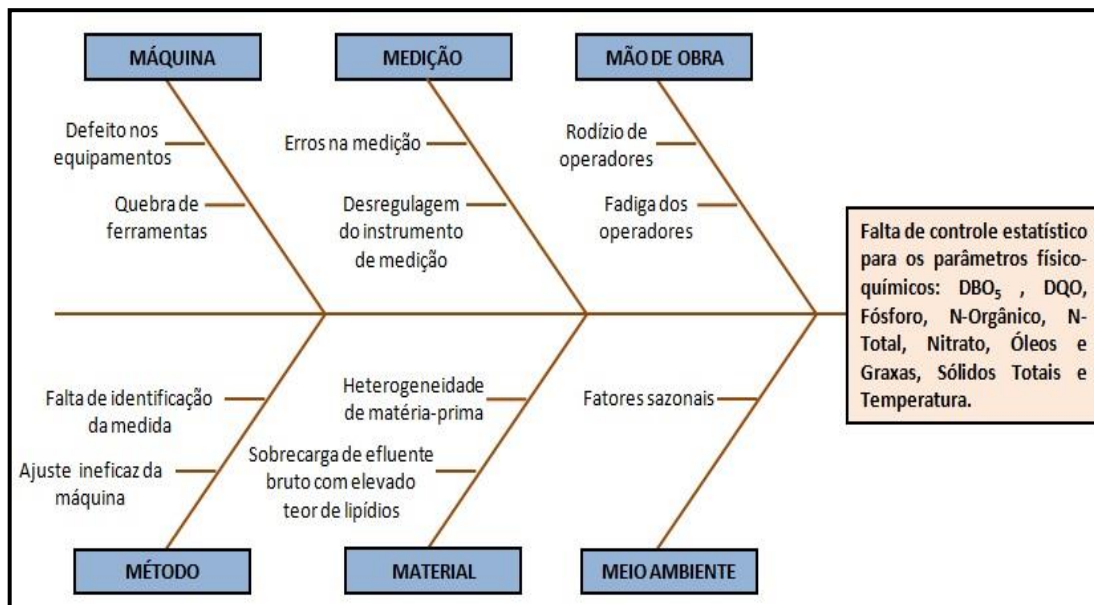


Figura 6. Diagrama de Ishikawa representando as possíveis causas da falta de controle estatístico de processo

Diante dos dados elucidados anteriormente, pode-se afirmar que nenhum dos dezenove parâmetros monitorados apresentou desvio de processo para os critérios 4, 7 e 8 da norma ISO 8258: 1991. Sendo que as variáveis nitrito, cor, nitrogênio amoniacal, pH, sólidos (dissolvidos, sedimentáveis, suspensos, fixos e voláteis), e turbidez apresentaram controle estatístico de processo podendo futuramente serem analisadas com uma frequência menor que as demais variáveis, reduzindo o custo de monitoramento do processo e gerando uma menor quantidade de resíduo oriundo das análises, além de garantir uma maior atenção aos parâmetros que impactam diretamente no resultado final da estação de tratamento de efluente.

4. Conclusão

Diante dos resultados obtidos pode-se afirmar que a estação de tratamento de efluente da agroindústria em estudo não apresentou controle estatístico de processo para 10 parâmetros físico-químicos, os quais apresentaram variabilidade anômala

distribuída em cinco critérios estabelecidos pela norma ISO-8258: 1991.

De todos os parâmetros analisados constatou-se que apenas nove se apresentavam dentro do controle estatístico de processo, sendo: nitrito, cor, nitrogênio amoniacal, pH, sólidos (dissolvidos, sedimentáveis, suspensos, fixos e voláteis), e turbidez. Tendo em vista os resultados apresentados é viável que a agroindústria execute ações corretivas para contribuir com a redução de causas especiais que permeiam pelo processo de tratamento de efluente, visando obter um tratamento estatisticamente sob controle. Dentre as ações de melhoria pode-se destacar: promoção de treinamentos para os técnicos da estação de tratamento de efluente; controle da eficiência do lodo ativado; melhorias no equipamento de aeração e na qualidade da rede elétrica para evitar possíveis desligamentos dos equipamentos utilizados no processo de tratamento, como as bombas de aeração.

Por fim, cabe aqui ressaltar que devido à alta heterogeneidade dos resultados identificada pela existência de padrões de não aleatoriedade, deve-se realizar um

controle mais preciso na operação da estação de tratamento de efluentes, a fim de evitar um desequilíbrio ambiental que possa afetar o ecossistema local.

Referências Bibliográficas

- ¹ Nardi, I. R.; Lima, A. R.; Amorim, A. K. B.; Nery, V. D. Análise de séries temporais na operação de sistema de tratamento de águas residuárias de abatedouro de frango. *Engenharia Sanitária Ambiental* **2005**, *10*, 339. [[CrossRef](#)]
- ² Chipasa, K. B. Limits of Physicochemical Treatment of Wastewater in the Vegetable Oil Refining Industry. *Polish Journal of Environmental Studies* **2001**, *10*, 141. [[Link](#)]
- ³ Pereira-Ramirez, O.; Abib, E. N.; Koetz, P. R. Avaliação de um reator UASB para o tratamento de efluentes da indústria de óleo de arroz. *Revista Brasileira de Agrociências* **2000**, *6*, 115. [[Link](#)]
- ⁴ Sharifi-Yazdi, M. K.; Azimi, C.; Khalili, M. B. Study of the Biological Treatment of Industrial Waste Water by the Activated Sludge Unit. *Iranian Journal of Public Health* **2001**, *30*, 87. [[Link](#)]
- ⁵ von Sperling, M.; Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 3a. ed., UFMG: Belo Horizonte, 2005.
- ⁶ Stover, E. L.; Campana, C. K. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition, 2a. ed., Academic Press: Oxford, 2003. [[CrossRef](#)]
- ⁷ Alencar, J. R. B.; Souza Jr, M. B.; Neto, P. J. R.; Lopes, C. E. Uso de Controle Estatístico de Processo (CEP) para validação de processo de glibenclamida comprimidos. *Revista Brasileira de Farmácia* **2004**, *85*, 115. [[Link](#)]
- ⁸ ISO 8258:1991. Shewhart control charts. International Organization for Standardization, Switzerland, 1991.
- ⁹ Hautman, D. P.; Munch, D. J.; Method 300.1: Determination of inorganic anions in drinking water by ion chromatography, EPA: Ohio, 1997. [[Link](#)]
- ¹⁰ Clesceri, L. S.; Eaton, A. D.; Greenberg, A. E.; Rice, E. W.; Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st ed., American Public Health Association: Washington, 2005.
- ¹¹ BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 mar. 2005. [[Link](#)]
- ¹² Miller, J. N.; Miller, J. C.; Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry, 6a. ed., Pearson Education: Harlow, 2010.
- ¹³ Ribeiro, J. L. D.; ten Caten, C. S.; Controle Estatístico do Processo (Série Monográfica Qualidade), EEN/UFGRS: Porto Alegre, 2012. [[Link](#)]
- ¹⁴ Lacerda, J. de P.; Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, 2004.
- ¹⁵ Orssatto, F.; Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2010.
- ¹⁶ Tchobanoglous, G.; Burton, F. L.; Wastewater engineering: treatment, disposal and reuses, 3a. ed., McGraw-Hill: New York, 1991.
- ¹⁷ Cammarota, M. C., Freire, D. M. G. A review on hydrolytic enzymes in the treatment of wastewater with high oil and grease content. *Bioresource Technology* **2006**, *97*, 2195. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- ¹⁸ Eckenfelder Jr., W. W.; Industrial Water Pollution Control, 3a. ed., McGraw-Hill: Boston, 2000.