

IMPACTO DE PEQUENAS AGROINDÚSTRIAS FAMILIARES NA QUALIDADE DA ÁGUA: QUARTA COLÔNIA DE IMIGRANTES ITALIANOS

Daniela da Rocha Vitória Krolow*

Ivan Renato Cardoso Krolow**

Danilo dos Santos Rheinheimer***

André Carlos Cruz Copetti****

Gilmar Luis Schaefer*****

RESUMO: Os impactos na qualidade da água ao longo de córregos e rios têm-se intensificado nas últimas décadas e a contaminação dos fluxos naturais de água tem ocorrido de maneira difusa e pontual. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o impacto de pequenas agroindústrias familiares na qualidade da água de córregos da região da Quarta Colônia de Imigrantes Italianos no Rio Grande do Sul/Brasil. Durante um período de nove meses a contar de setembro de 2008, monitoraram-se dois córregos de drenagem natural que receberam rejeitos das atividades de agroindústria familiar. Foram amostradas as águas dos córregos Abatedouro de aves e Embutidos em três pontos distintos (nascente, a montante e a jusante de cada pequena agroindústria). Buscou-se avaliar 24 variáveis que integram os parâmetros químicos, físicos e biológicos de qualidade da água, totalizando 162 amostras. Os resultados obtidos das análises evidenciam que os rejeitos das atividades desenvolvidas nas agroindústrias estão contribuindo para a redução da qualidade da água. A nascente do córrego Abatedouro de aves apresenta a maior área de mata ciliar e melhor qualidade de água do que na nascente do córrego Embutidos. Os pontos de coleta a jusante da nascente do córrego Abatedouro de aves encontra-se mais vulnerável à contaminação difusa. A qualidade da água no córrego Embutidos é menor do que no córrego Abatedouro de aves. Há necessidade de melhorar o tratamento de resíduos e promover a regeneração da mata ciliar às margens dos córregos de ambas as pequenas agroindústrias.

PALAVRAS-CHAVE: água residuária; córregos; impacto ambiental.

* Doutora em Agronomia pela FAEM/UFPel, Brasil.

** Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Brasil. E-mail: ivanrk.rk@ibest.com.br

*** Docente do Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria. Bolsista do CNPq

**** Doutor no Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo na mesma Universidade e Docente Assistente da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Brasil.

***** Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Mestrando do Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Brasil.

THE IMPACT OF SMALL FAMILY AGRO-INDUSTRIES ON WATER QUALITY: THE QUARTA COLÔNIA DE IMIGRANTES ITALIANOS

ABSTRACT: Impact on water quality in streams and rivers has intensified during the last decades and the contamination of natural water has occurred diffusely and at specific sites. Current analysis evaluates the impact of small family agro-industries on the water quality of streams in the Quarta Colônia de Imigrantes Italianos in the state Rio Grande do Sul, Brazil. Two natural streams which received wastes from the activities of family agroindustries were monitored during nine months, as from September 2008. The water of the streams Abatedouro de Aves and Embutidos were sampled at three different sites (source, upstream, downstream of each agroindustry). Twenty-four variables integrating chemical, physical and biological water parameters in 162 samples were evaluated. Results showed that wastes from agroindustries have reduced water quality. The source of the stream Abatedouro de Aves has a significantly greater riparian vegetation and a better water quality than the source of the stream Embutidos. Downstream collection sites of the stream Abatedouro de Aves is more liable to diffused contamination. Water quality of the stream Embutidos is worse than that of the stream Abatedouro de Aves. Improvement in waste treatment is necessary and the regeneration of riparian vegetation in the two streams should be enhanced.

KEY WORDS: Residual water; Streams; Environmental impact.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas têm se observado grande impacto sobre os recursos hídricos, que não raras vezes, começam em locais distantes dos pontos que os gerou. Rejeitos da atividade produtiva, voluntária e/ou involuntária podem ser transportados por sistemas de drenagem natural como córregos de menor dimensão até chegarem aos rios e lagoas. Esse fluxo natural que começa modesto, ao associar-se a outros, ganha dimensão e volume.

As substâncias contaminantes presentes nas fontes de poluição, tanto as difusas como as pontuais, podem se combinar quimicamente, diminuindo assim a qualidade d'água, até que a inativação da capacidade autodepuradora dos corpos hídricos seja atingida. Fatores como o escoamento superficial e translocação de sedi-

mentos contribuem consideravelmente no aumento dos teores de cálcio, magnésio, fósforo, entre outros, na água dos sistemas de drenagem naturais de uma dada região. Cunha et al. (2013) discorreram que o aumento das concentrações de fósforo nas águas superficiais se agravam, principalmente, pelo processo de lixiviação, esse com maior ocorrência nas áreas destinadas a cultivos agrícolas.

Segundo Lima et al. (2016), as águas residuárias tornam-se poluentes à medida em que os contaminantes atingem determinado corpo de água de forma concentrada no espaço, com localização definida, frequente e contínua de produção. A contaminação dos ecossistemas aquáticos por ações antrópicas pode ocorrer pela liberação de efluentes domésticos, industriais ou agrícolas sem tratamento adequado, uso indiscriminado de substâncias químicas, lixo urbano e descarte indevido de materiais e resíduos (GUPTA et al., 2014).

As atividades agroindustriais sejam elas, de pequeno, médio ou grande porte têm despertado maior interesse da comunidade científica nas últimas décadas, o que se deve, principalmente, pela constatação de muitos casos de influência negativa dessas atividades nos parâmetros de qualidade de água. Nesse sentido, o abate de aves e a produção de embutidos ganham destaque, uma vez que são responsáveis pela produção de grandes cargas de poluentes nos fluxos naturais de drenagem. Segundo Sunada et al. (2015), os rejeitos do abate de aves são compostos principalmente por fragmentos de vísceras, músculo, gordura, osso, sangue e penas, que, além de apresentarem alto potencial poluente, também podem ser fonte de transmissão de doenças.

O processamento de matérias-primas tanto de origem animal como vegetal podem causar impacto negativo no ambiente quando seus resíduos são lançados aos mananciais de água ou ao solo, sem tratamento adequado. A falta ou o inadequado tratamento de um efluente promove grande poluição hídrica, além de transportarem diferentes tipos de microrganismos (MANNARINO et al., 2013).

Segundo Pacheco (2008), os principais aspectos e impactos ambientais do segmento produtor e beneficiador de carnes e derivados estão relacionados a alto consumo de água, à geração de efluentes líquidos com alta carga poluidora, principalmente orgânica e geração de resíduos sólidos. O consumo de água em frigoríficos pode ser considerado na atualidade como um dos maiores responsáveis pela polui-

ção e contaminação das águas, quando do lançamento de seus efluentes líquidos sem o devido tratamento, pois pode apresentar elevada concentração de resíduos biodegradáveis provenientes de proteínas e lipídios, sendo de difícil tratamento (RODRIGUES et al., 2016).

Mees et al. (2009) discorreram sobre o despejo de rejeitos de frigoríficos nos rios e córregos. De acordo com os autores, as modificações nas características da água podem promover a poluição, mediante a adição de substâncias ou de formas de energia que venham a alterar o equilíbrio bioquímico na água.

O monitoramento da qualidade da água é um dos principais instrumentos de sustentação de uma política de planejamento e gestão de recursos hídricos, visto que funciona como um sensor que possibilita o acompanhamento do processo de uso dos corpos hídricos, apresentando seus efeitos sobre as características qualitativas das águas, visando subsidiar as ações de controle ambiental (QUEIROZ et al., 2010; GUEDES et al., 2012).

De todo exposto, é que o presente trabalho teve como principal objetivo a avaliação dos impactos na qualidade da água de dois córregos de drenagem natural, que recebem águas residuárias de pequenas agroindústrias familiares na região da Quarta Colônia de Imigrantes Italianos do Rio Grande do Sul.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A região denominada por 'Região da Quarta Colônia' está localizada entre o planalto e a depressão central do Rio Grande do Sul, limitando-se pelas bacias hidrográficas do Alto Jacuí, Baixo Jacuí e Vacacaí-Vacacaí-Mirim. Essa região é caracterizada pela economia agrícola baseada na agricultura familiar, produção diversificada de hortigranjeiros, lavouras de arroz, fumo e soja, e atividades de agroindústria familiar crescente. O clima é do tipo Cfa, segundo a classificação de Köppen. A temperatura média das mínimas anual é $\cong 15$ °C e média das máximas anual é $\cong 25$ °C. A precipitação média anual é de $\cong 1.750$ mm. Os solos dessa região são jovens e muito frágeis e distribuídos em um relevo bastante acidentado. Para caracterizar o

impacto das atividades agrícolas e agroindustriais na qualidade ambiental da região em estudo, selecionaram-se por sorteio duas pequenas agroindústrias familiares dos municípios de Faxinal do Soturno [(Pequena agroindústria familiar - Abatedouro de aves (PA)] e de São João do Polêsine [(Pequena agroindústria familiar - Embutidos (PE)] que após o tratamento dos efluentes são lançados em córregos naturais de drenagem, que por sua vez se interligam com outros córregos em direção ao rio Soturno (afluente do rio Jacuí), Figura 1.

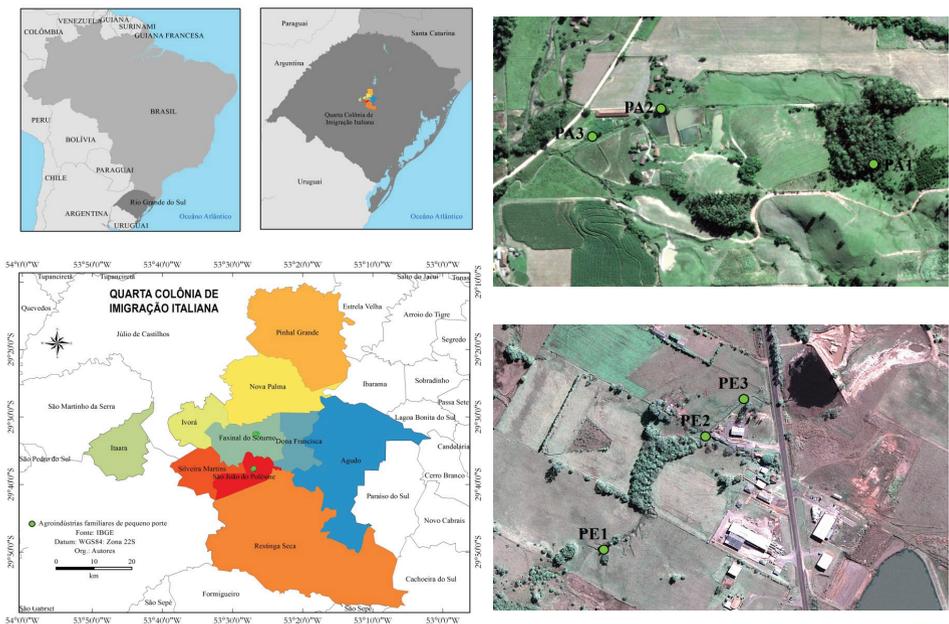


Figura 1. Localização espacial dos pontos de coleta.

*PA= Abatedouro aves; PE= Embutidos.

Os córregos estudados foram denominados, conforme a atividade realizada, pelas duas pequenas agroindústrias consideradas no presente estudo.

2.2 PERIODIZAÇÃO DAS COLETAS E PONTOS DE AMOSTRAGEM

As coletas de água de ambos os córregos foram realizadas no período de 09/2008 a 05/2009. Realizaram-se três amostragens por ponto de coleta em cada

mês, totalizando-se 81 amostras por córrego investigado. Os pontos amostrados da pequena agroindústria familiar - Abatedouro de aves (PA) foram identificados como nascente (PA1); antes da liberação de rejeitos (PA2) e depois da fonte geradora de rejeitos (PA3) e da pequena agroindústria familiar - Embutidos (PE) como nascente (PE1); antes da liberação de rejeitos (PE2) e depois da fonte geradora de rejeitos (PE3). Maiores detalhes dos pontos amostrais podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Espacialização dos pontos amostrados nos córregos das pequenas agroindústrias familiares. Quarta Colônia, RS

Pontos	<i>Pequena agroindústria familiar - Abatedouro aves</i>					
	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Altitude*	Distância	Declividade (%)
Nascente (PA1)	-29,54238056	-53,44097778	138			
Antes (PA2)	-29,54147778	-53,44517778	94	447	700	7
Depois (PA3)	-29,54185278	-53,44649167	91			
<i>Pequena agroindústria familiar - Embutidos</i>						
Nascente (PE1)	-29,62893056	-53,45138889	77			
Antes (PE2)	-29,62720278	-53,44970833	69	11		
Depois (PE3)	-29,6267	-53,449075	66			

*valores de altitude, distância e declividade representam a diferença entre valores na nascente e no ponto de lançamento de resíduos agroindustriais

2.3 TRATAMENTO DE RESÍDUOS

A geração de resíduos da PA se deu pela periodicidade de dois abates de aves por semana. O resíduo líquido gerado por essa atividade passa por um sistema de tratamento que é composto por tanques de decantação e flutuação, sistema de tratamento por zona de raízes, lagoa de estabilização e por fim os rejeitos são lançados no córrego. Enquanto que, na PE são processados derivados de carnes, os quais são tratados em sistema de tratamento projetado pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental (Fepam/RS)] composto por sucessivos tanques sépticos anaeróbicos e, posteriormente, são rejeitados no córrego.

2.4 PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS

As amostras de água dos córregos que passam pelas pequenas agroindústrias familiares foram submetidas à avaliação de parâmetros químicos, físicos e biológicos. As análises foram realizadas no Laboratório de Análises de Águas Rurais do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria, com exceção do oxigênio dissolvido (OD) e da temperatura da água, que foram avaliados *in situ* no momento da coleta da água.

Os valores de condutividade elétrica (CE) e potencial hidrogeniônico (pH) foram obtidos pelo condutivímetro e peagâmetro, respectivamente. As determinações da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) demandam química de oxigênio (DQO), amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) e alcalinidade (Alc), e seguiram as metodologias descritas em APHA, 2005. A determinação do carbono orgânico total (CO_{total}) foi feita pelo método de Silva (2001). Os teores de cálcio total (Ca_{total}), magnésio total (Mg_{total}), cobre total (Cu_{total}), zinco total (Zn_{total}), ferro total (Fe_{total}) e manganês total (Mn_{total}) foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, sódio total (Na_{total}) por espectrofotometria de emissão de chamas e o fósforo total (P_{total}) por espectrofotocolorimetria (MURPHY; RILEY, 1962).

A dureza total (Dt) foi determinada a partir dos teores de Ca e Mg expressado em equivalente CaCO_3 , pela equação: $\text{CaCO}_3 \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = 2,497 \times [\text{Ca}] + 4,118 \times [\text{Mg}]$. Na qual, [Ca] é a concentração de Ca em mg L^{-1} e [Mg] é a concentração de Mg em mg. Os parâmetros físicos de cor foram obtidos por colorimetria e sólidos totais dissolvidos (STD), sólidos totais (ST) e turbidez por turbidímetro. A quantidade de sólidos foi determinada por secagem a 105°C onde foi usada uma alíquota filtrada em membrana com poros de diâmetro de $0,45 \mu\text{m}$ para STD, e uma alíquota integral para teores de ST.

A obtenção dos valores de coliformes totais e *Escherichia coli* se deram a partir da determinação do número mais provável (NMP) de coliformes totais (C_{totais}) e de coliformes termotolerantes (C_{term}), conforme o método dos tubos múltiplos, de acordo com as recomendações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). O meio de cultura utilizado foi o caldo seletivo enriquecido “FLUOROCULT Caldo LMX (Merck, pH 6,8 a 25°C)”. Em função do número

de tubos positivos e da respectiva diluição estimou-se por meio de tabela estatística o número mais provável (NMP) de C_{totais} e C_{term} em 100 mL de amostra.

Os parâmetros aqui levantados foram comparados aos valores preconizados pela resolução nº 357 de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama).

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise dos valores que integraram os parâmetros químicos, físicos e biológicos, se assentou na estatística descritiva e na multivariada. Na análise descritiva foram considerados os indicadores de média (\bar{x}), desvio-padrão (σ), erro-padrão (\pm), valores mínimos e máximos e a amplitude. Em seguida, os valores das variáveis investigadas foram submetidos à análise de variância Anova. Com pressupostos da Anova atendidos aplicou-se o teste *pos-boc* de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro [Software Statistica versão 7.0 (Statsoft, 2004)]. Em relação à estatística multivariada, os valores de cada variável obtidos em cada ponto amostrado foram previamente tratados com base em Log_{10} , buscando-se a linearização dos dados (*8 grandezas diferentes*). Os valores de cada variável que compõe o *stand* foram submetidos aos testes de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e de esfericidade de *Bartlett* a 5% de significância [Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versão 20.0]. Por fim, os valores foram sumarizados pela análise de componentes principais (ACP) e análise fatorial. Prioritariamente, foram consideradas as componentes principais que acumularam variância > 70% do conjunto de dados. Por se tratarem de variáveis que integram a qualidade da água, essas que normalmente apresentam elevada variação é que se consideraram como integrante de cada componente principal, valores com carga fatorial superiores a 0,5.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE INDIVIDUALIZADA DOS CÓRREGOS

3.1.1 Córrego abatedouro de aves

Após a realização da análise de variância dos dados constatou-se que existem evidências de que há diferenças significativas em nível de 5%, entre os pontos

amostrados, e em todas as variáveis investigadas no córrego abatedouro de aves. As diferenças foram identificadas por Tukey a 5% e se expressam diante dos parâmetros químicos de CE ($F_c = 33,851, p_{valor} < 0,0001$), DQO ($F_c = 13,766, p_{valor} < 0,0001$), Dt ($F_c = 21,268, p_{valor} < 0,0001$), OD ($F_c = 19,624, p_{valor} < 0,0001$) e Ca_{total} ($F_c = 28,056, p_{valor} < 0,0001$), físico de cor ($F_c = 46,477, p_{valor} < 0,0001$) e para o parâmetro biológico, C_{totais} ($F_c = 469,538, p_{valor} < 0,0001$), Tabela 2. As demais variáveis não apresentaram diferenças entre os pontos amostrados. Há de se considerar que valores elevados de desvio-padrão e erro-padrão, assim como de amplitude em análises de água são comuns. Por essas razões, denotou-se a importância de analisar os parâmetros químicos, físicos e biológicos também por diferentes ferramentas estatísticas.

Tabela 2. Valores da média (\bar{x}) e erro-padrão (\pm) dos parâmetros químicos, físicos e biológicos do córrego Abatedouro de aves. Quarta Colônia, RS

(Continua)

Parâmetros	Abatedouro de aves		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
	Químicos		
Alcalinidade (mg L ⁻¹ de CaCO ₃)	43,84 ± 7,17a	51,17 ± 4,14a	50,44 ± 3,59a
Condutividade elétrica (μSm cm ⁻¹)	50,23 ± 3,48c	121,80 ± 13,36ab	155,60 ± 14,37a
Demanda bioquímica de oxigênio (mg L ⁻¹)	17,00 ± 0,82a	18,13 ± 1,81a	18,25 ± 2,77a
Demanda química de oxigênio (mg L ⁻¹)	12,40 ± 2,12b	139,87 ± 30,69a	63,21 ± 11,92a
Dureza total (mgCaCO ₃ L ⁻¹)	27,92 ± 3,17b	121,50 ± 16,13a	98,29 ± 10,59a
Oxigênio dissolvido (% de saturação)	8,64 ± 0,08a	4,22 ± 0,41b	5,09 ± 0,80b
Potencial hidrogeniônico	6,65 ± 0,15a	6,97 ± 0,05a	6,88 ± 0,04a
Amônio (mg L ⁻¹)	0,21 ± 0,05a	0,23 ± 0,05a	1,16 ± 0,26a
Nitrato (mg L ⁻¹)	0,20 ± 0,05a	0,19 ± 0,06a	0,18 ± 0,03a
Cálcio total (mg L ⁻¹)	7,96 ± 0,81c	35,14 ± 3,92a	21,19 ± 2,24ab
Carbono orgânico total (mg L ⁻¹)	24,33 ± 4,31a	23,16 ± 4,06a	47,42 ± 8,67a
Cobre total (mg L ⁻¹)	0,01 ± 0,004a	0,02 ± 0,01a	1,00 ± 0,23a
Ferro total (mg L ⁻¹)	1,97 ± 0,14a	2,36 ± 0,29a	2,10 ± 0,23a

(Conclusão)

Parâmetros	Abatedouro de aves		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
	Químicos		
Fósforo total (mg L ⁻¹)	0,12 ± 0,02a	0,03 ± 0,001a	0,60 ± 0,10a
Magnésio total (mg L ⁻¹)	1,95 ± 0,29a	4,21 ± 0,59a	11,02 ± 1,70a
Manganês total (mg L ⁻¹)	0,06 ± 0,01a	1,24 ± 0,42a	1,82 ± 0,62a
Sódio total (mg L ⁻¹)	14,57 ± 0,70a	11,19 ± 0,75a	12,07 ± 1,05a
Zinco total (mg L ⁻¹)	0,10 ± 0,03a	0,06 ± 0,01a	0,17 ± 0,04a
	Físicos		
Turbidez (NTU)	7,62 ± 1,35a	5,87 ± 4,52a	8,91 ± 0,46a
Sólidos totais (mg L ⁻¹)	192,18 ± 29,22a	106,63 ± 91,70a	128,10 ± 20,46a
Sólidos totais dissolvidos (mg L ⁻¹)	36,19 ± 6,96a	150,59 ± 171,67a	55,57 ± 8,13a
Cor (mg PT L ⁻¹)	38,75 ± 3,58b	43,75 ± 3,79b	76,67 ± 2,95a
	Biológicos		
Coliformes totais (NMP 100 mL ⁻¹)	0,01 ± 0,0002b	1,17 ± 0,13ab	16,48 ± 0,36a
Coliformes termotolerantes (NMP 100 mL ⁻¹)	-	2,40 ± 3,65a	5,76 ± 0,22a

*Valores na linha seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias obtidas de 81 amostras coletas durante a campanha (09meses).

O menor valor de CE foi observado no PA1 ($\bar{x} = 50,23$; $\sigma = 18,08$) que correspondeu a 58,76% do valor encontrado no PA2 e a 67,71% do PA3. O maior valor da amplitude ($105,37\mu\text{S cm}^{-1}$) entre os pontos amostrados foi condicionado pelo valor médio encontrado no PA3. Os menores valores de CE no PA1 se justificam principalmente em função dos menores teores de Ca_{total} , Mg_{total} e Na_{total} , embora apenas o Ca_{total} tenha apresentado diferenças significativas pelo teste de Tukey em nível de 5%.

Os valores médios de DQO mostraram diferenças significativas, da mesma forma que o valor de amplitude foi alto ($127,47 \text{ mg L}^{-1}$). Essa diferença acentuada

entre os pontos amostrados se atribui às ações antrópicas locais, principalmente aquelas despendidas às áreas de lavouras de arroz que circundam a maior extensão do córrego entre os PA1 e PA2 (Tabela 1 e Figura 1), uma vez que no PA2 foram observados valores médios de DQO igual a 139,84 mg L⁻¹. Nesse sentido, constatou-se que os valores de DQO apresentaram-se mais adequados à biodegradação da matéria orgânica no PA1 ($\bar{x} = 12,40$; $\sigma = 11,04$). De acordo com as considerações de Rigueira et al. (2010), os valores de DQO ao apresentarem-se menores do que o dobro dos valores de DBO podem indicar biodegradação da matéria orgânica mais eficiente, como foi identificado no PA1.

Em relação aos valores de Dt, foi observado alto valor de amplitude que correspondeu a 93,58 mgCaCO₃ L⁻¹. Esse desempenho, provavelmente, ocorreu em função dos maiores valores de Dt encontrados no PA2 ($\bar{x} = 121,50$; $\sigma = 83,84$), que por sua vez, estão associados às áreas de produção agrícola a montante do P2. A contribuição aos valores observados pode estar relacionada à adição de sais dissolvidos na água em função do escoamento superficial dos solos que margeiam o ponto amostrado.

Os valores de OD corroboram também com a hipótese da adição e deposição de material orgânico. O maior valor de OD dos três pontos amostrados é observado no PA1 ($\bar{x} = 8,64$; $\sigma = 0,43$), o que indica indiretamente que há menor deposição e, conseqüentemente, menor decomposição dos materiais ali encontrados. Essas observações coadunam com as considerações de Oliveira et al (2016) que ao investigarem o nível de contaminação do solo e da água próximo de um depósito de resíduos sólidos no município de Humaitá, região Sul do Estado do Amazonas, associaram o menor valor encontrado de OD (2,9 mg L⁻¹) no P1, a maior presença de matéria orgânica. Os autores postularam, ainda, que os valores de OD quando menores que 5 mg L⁻¹ (resolução Conama 357/2005), pode acarretar sérios problemas para a população aquática que vive naquele ambiente.

Os valores do parâmetro cor foram mais elevados no PA3 ($\bar{x} = 76,67$; $\sigma = 15,33$), mostrando-se superior ao valor estabelecido pela resolução Conama 357/2005 (75 mg PT L⁻¹). Conforme Cunha (2013), os valores dessa variável podem estar associados a fatores naturais como o ferro presente nos solos e a matéria orgânica, que ao serem translocados para o córrego contribuem para a obtenção de

maiores valores de cor. Embora não se tenham encontrado diferenças significativas pelo teste de médias aplicado, a amplitude ($37,92 \text{ mg PT L}^{-1}$) dos valores observados de cor, mostrou-se mais elevada em função do valor encontrado no PA3.

Em relação aos valores STD, a maior amplitude ($114,40 \text{ mg L}^{-1}$) foi condicionada pelo valor encontrado no PA2 ($150,59 \text{ mg L}^{-1}$), esse superior ao valor encontrado no PA1 em 416,10%. De certa maneira, o material em suspensão pode sedimentar em determinados pontos do córrego, e assim contribuir com a redução de valores de outras variáveis, a exemplo dos valores de OD verificados no PA1.

Incontestavelmente, à medida que as coletas de água se afastaram do PA1 em direção ao PA3 os valores de C_{totais} aumentaram consideravelmente. Os valores de DBO encontrados nos pontos amostrados estiveram no intervalo entre 17,00 e $18,25 \text{ mg L}^{-1}$, dessa maneira constatou-se pequena variação entre os PA1, PA2 e PA3. Todavia, no que concerne à resolução Conama 357/2005, os valores de DBO são considerados elevados, e tais observações permitem inferir que pode haver grande quantidade de material orgânico nos locais amostrados, reduzindo assim a qualidade da água do córrego.

Em relação ao NH_4 , o valor observado no PA3 ($\bar{x} = 1,16$; $\sigma = 1,35$) foi superior ao valor observado no PA1 em 81,89%, esse acréscimo justifica o alto valor de amplitude ($0,95 \text{ mg L}^{-1}$) entre os pontos amostrados. Portanto, relaciona-se diretamente aos rejeitos do PA, uma vez que no PA2 também foi observado valor de NH_4 muito inferior ao do PA3. Os resultados observados foram muito inferiores aos valores máximos especificados pela resolução Conama 357/2005, tanto para a classe I ($3,7 \text{ mg L}^{-1} \text{ N pH} \leq 7,5$) quanto para classe II ($13,3 \text{ mg L}^{-1} \text{ N pH} \leq 7,5$).

Os valores NO_3 , observados em todos os pontos de coleta de água ao longo do córrego PA, não diferiram significativamente pelo teste de médias, da mesma forma que o valor de amplitude foi muito baixo, ficando muito aquém dos limites preconizados pela resolução Conama 357/2005, (10 mg L^{-1}) para águas de classe II.

Os valores CO_{total} observados no PA3 ($\bar{x} = 47,42$; $\sigma = 45,05$) novamente contribuem para a obtenção de alta amplitude ($24,26 \text{ mg L}^{-1}$). Cabe ressaltar que ainda não há um valor de CO_{total} a ser adotado como parâmetro de qualidade da água na resolução Conama 357/2005, porém sabe-se que os teores encontrados na água também são dependentes da adição ou sedimentação de materiais orgânicos

transportados, a exemplo de sedimentos transportados por escoamento superficial da água da chuva. Nesse caso, o incremento do CO_{total} está condicionado principalmente pela atividade de liberação de rejeitos da agroindústria no córrego, pois os valores médios do PA3 foram acrescidos de valores $\cong 200\%$ dos pontos amostrados que o antecederam.

As variáveis Cu_{total} , P_{total} , Mg_{total} , Mn_{total} , Na_{total} e Zn_{total} também apresentaram maiores valores de amplitude condicionados por valores do PA3. Tais observações levam ao entendimento de que a adição dos resíduos da atividade agroindustrial junto ao córrego está contribuindo com a elevação desses parâmetros. O que chamou a atenção foram os valores médios de Cu_{total} ($\bar{x} = 1,00$; $\sigma = 0,23$) no PA3 (Tabela 2), o maior dessa campanha. A concentração desse elemento quando se aproxima de $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ pode provocar a morte de algumas espécies de peixes como carpas e bagres. De acordo com a Cetesb (2010), os valores de cobre acima de $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ provocam a morte de microrganismos na água. Nessa situação evidenciam-se mais uma vez os valores observados em algumas coletas realizadas no PA3 em que o valor de Cu_{total} apresentou $\sigma = 1,17 \text{ mg L}^{-1}$, valor esse superior ao limite mencionado, contribuindo negativamente à vida aquática.

Em relação à turbidez, detectou-se pequena amplitude ($3,07 \text{ mg L}^{-1}$) embora o maior valor ainda seja observado no PA3 ($\bar{x} = 8,91$; $\sigma = 2,40$) indicando a presença de partículas sólidas suspensas na água. As atividades antrópicas relacionadas à atividade da agricultura, que antecederam a agroindústria também estão contribuindo para a redução da qualidade da água do córrego, como pode ser observado diante dos valores de STD. O maior valor de STD foi obtido no PA2 ($\bar{x} = 150,59$; $\sigma = 171,67$), que contribuiu para a amplitude igual a $114,40 \text{ mg L}^{-1}$. Somente, no PA1 não foram detectados C_{tem} , sendo que no PA3 ($\bar{x} = 5,76$; $\sigma = 1,15$) foi encontrada a maior concentração que representou $58,33\%$ a mais do que no PA2. Esse desempenho já era esperado, pela maior ação antrópica na área a jusante do PA1.

3.1.2 Córrego Embutidos

Os pontos de coleta de água do córrego Embutidos apresentaram diferenças significativas em 11 das 24 variáveis inquiridas. As maiores diferenças para os parâmetros químicos foram encontradas nas variáveis Alc ($F_c = 26,818$, $p_{\text{valor}} < 0,0001$),

CE ($F_c = 71,580$, $p_{valor} < 0,0001$), DBO ($F_c = 26,753$, $p_{valor} < 0,0001$), DQO ($F_c = 30,724$, $p_{valor} < 0,0001$), OD ($F_c = 160,599$, $p_{valor} < 0,0001$), NH_4 ($F_c = 52,151$, $p_{valor} < 0,0001$), Ca_{total} ($F_c = 28,619$, $p_{valor} < 0,0001$), Mg_{total} ($F_c = 25,401$, $p_{valor} < 0,0001$), no parâmetro físico destacou-se a turbidez ($F_c = 33,907$, $p_{valor} < 0,0001$), e no parâmetro biológico os valores de C_{total} ($F_c = 7,994$, $p_{valor} < 0,0007$), Tabela 3.

Os maiores valores de alcalinidade foram observados nos PE2 ($\bar{x} = 94,66$; $\sigma = 41,65$); e P3 ($\bar{x} = 151,28$; $\sigma = 39,33$), sendo que o menor valor foi obtido no PE1 ($\bar{x} = 61,06$; $\sigma = 50,68$). Os maiores valores de alcalinidade encontrados nos PE2 e PE3 estão diretamente relacionados aos maiores valores de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos presentes na água. Diante do exposto, observa-se a relação direta da alcalinidade com os valores obtidos de Ca_{total} , Mg_{total} e de Na_{total} nos pontos amostrados.

Em relação a CE, à medida que as coletas de água se afastaram do PE1 a jusante dos PE2 e PE3, os valores de CE aumentaram em 4,1 e 9,6 vezes, respectivamente. De outro prisma, a maior concentração de sais no PE3 ($\bar{x} = 552,25$; $\sigma = 254,03$) permite considerar que há maior concentração de poluentes dissolvidos nesse local.

Os valores de DBO obtidos nos três pontos amostrais apresentaram-se muito acima dos limites preconizados pela resolução Conama 357/2005 para águas de classe II. Entre eles, o valor do PE1 ($\bar{x} = 17,50$; $\sigma = 1,05$) foi menos expressivo e os valores obtidos em PE2 e PE3 foram 561,43 e 590,46% superiores ao PE1. Dessa maneira é possível especular que rejeitos de materiais biodegradáveis são despejados constantemente nos pontos a jusante do PE1. Corroborando, Rocha e Pereira (2016) consideraram que os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica.

Tabela 3. Valores da média (\bar{x}) e erro-padrão (\pm) dos parâmetros químicos, físicos e biológicos do córrego Embutidos. Quarta Colônia, RS

(Continua)

Parâmetros	Abatedouro de aves		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
 Químicos		
Alcalinidade (mg L^{-1} de CaCO_3)	61,06 ± 9,75b	94,66 ± 8,02b	151,28 ± 7,57a

Parâmetros	(Conclusão)		
	Abatedouro de aves		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
 Químicos		
Condutividade elétrica ($\mu\text{Sm cm}^{-1}$)	57,25 \pm 0,11c	238,08 \pm 16,95b	552,25 \pm 48,89a
Demanda bioquímica de oxigênio (mg L ⁻¹)	17,5 \pm 0,20b	98,25 \pm 16,26a	103,33 \pm 10,54a
Demanda química de oxigênio (mg L ⁻¹)	17,5 \pm 1,72c	104,02 \pm 14,21ab	228,45 \pm 32,53a
Dureza total (mgCaCO ₃ L ⁻¹)	34,09 \pm 0,001a	81,18 \pm 0,001a	98,57 \pm 0,001a
Oxigênio dissolvido (% de saturação)	8,00 \pm 0,20a	4,89 \pm 0,39b	1,33 \pm 0,13b
Potencial hidrogeniônico	7,23 \pm 0,15a	7,32 \pm 0,10a	7,16 \pm 0,03a
Amônio (mg L ⁻¹)	0,24 \pm 0,03b	1,32 \pm 0,46b	11,30 \pm 1,59a
Nitrato (mg L ⁻¹)	0,36 \pm 0,02a	0,24 \pm 0,04a	0,14 \pm 0,05a
Cálcio total (mg L ⁻¹)	8,63 \pm 0,95b	22,79 \pm 1,75a	28,44 \pm 2,35a
Carbono orgânico total (mg L ⁻¹)	15,24 \pm 0,45a	24,77 \pm 1,18a	46,48 \pm 4,16a
Cobre total (mg L ⁻¹)	0,03 \pm 0,001a	0,02 \pm 0,01a	0,17 \pm 0,07a
Ferro total (mg L ⁻¹)	1,39 \pm 0,17a	7,05 \pm 1,28a	3,43 \pm 0,29a
Fósforo total (mg L ⁻¹)	0,12 \pm 0,001a	0,18 \pm 0,02a	0,63 \pm 0,10a
Magnésio total (mg L ⁻¹)	3,04 \pm 0,42b	5,89 \pm 0,33a	6,68 \pm 0,45a
Manganês total (mg L ⁻¹)	0,14 \pm 0,03a	0,40 \pm 0,09a	0,57 \pm 0,11a
Sódio total (mg L ⁻¹)	15,13 \pm 1,49a	27,94 \pm 2,80a	74,39 \pm 11,02a
Zinco total (mg L ⁻¹)	0,12 \pm 0,001a	0,10 \pm 0,02a	0,11 \pm 0,03a
 Físicos		
Cor (mg PT L ⁻¹)	42,040 \pm 2,78b	190 \pm 15,36a	232,50 \pm 6,71a
Sólidos totais (mg L ⁻¹)	124,8 \pm 0,96a	146,43 \pm 5,35a	438,57 \pm 41,36a
Sólidos totais dissolvidos (mg L ⁻¹)	40,27 \pm 0,15a	95 \pm 24,32a	306,43 \pm 32,43a
Turbidez (NTU)	1,42 \pm 0,30b	44,75 \pm 8,10ab	69,53 \pm 7,76a
 Biológicos		
Coliformes totais (NMP 100 mL ⁻¹)	1,15 \pm 3,13b	115,89 \pm 2,55a	178,67 \pm 61,44a

Parâmetros	Abatedouro de aves		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
 Químicos		
Coliformes termotolerantes (NMP 100 mL ⁻¹)	-	45,98 ± 10,97a	61,93 ± 21,68a

*Valores na linha seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias obtidas de 81 amostras coletas durante a campanha (09 meses).

No mesmo sentido, os valores de DQO reforçam essas considerações, em que os valores encontrados nos PE2 ($\bar{x} = 104,02$; $\sigma = 73,85$) e no PE3 ($\bar{x} = 228,45$; $\sigma = 169,05$) mostraram-se superiores em 54,47 e 92,33% aos valores do PE1, respectivamente.

Os valores de OD encontrados nos três pontos avaliados mostraram que no PE1 ($\bar{x} = 8,00$; $\sigma = 1,04$) o ambiente é mais favorável à vida aquática. Os menores valores de OD no P2 e no PE3 corresponderam a 1,63 e seis vezes menores aos do PE1, respectivamente. Entre as variáveis que contribuíram com os menores valores de OD, se tem o nitrogênio.

O maior valor de NH₄ foi observado no PE3 ($\bar{x} = 11,30$; $\sigma = 8,25$) e os menores valores no PE1 ($\bar{x} = 0,24$; $\sigma = 0,00024$) e PE2 ($\bar{x} = 1,32$; $\sigma = 2,40$). Diante dos valores de NH₄, desvio-padrão e erro-padrão, considerou-se que a qualidade da água nesse local amostrado se manteve superior aos demais locais amostrados durante a campanha. O nitrogênio em demasia, além de atuar na redução do OD, ao estimular a proliferação de organismos e a eutrofização chega a causar problemas à biota aquática (Timofiecsyk et al., 2012).

As concentrações de CO_{total} não apresentaram diferenças significativas no córrego Embutidos, porém apresentou alta amplitude (31,24 mg L⁻¹), essa também condicionada por valores mais altos encontrados no PE3 ($\bar{x} = 46,48$; $\sigma = 21,60$).

Em relação aos parâmetros físicos, foram encontradas diferenças significativas pelo teste de médias somente para a variável turbidez, sendo que o menor valor foi encontrado no PE1 ($\bar{x} = 1,42$; $\sigma = 1,58$). A jusante do PE2 foi o único local em que os valores de turbidez foram inferiores a 40 UNT, sendo assim classificada como águas de classe I. No PE3 ($\bar{x} = 69,53$; $\sigma = 40,33$) a jusante do PE2 ($\bar{x} = 44,75$; σ

= 42,07) os valores de turbidez mostraram-se superiores ao referencial dado para classe I, e se enquadram na classe II. Portanto, os valores de turbidez observados nos PE2 e PE3 sustentam ainda mais a presença de compostos orgânicos, a exemplo da presença de sólidos suspensos (Wilson, 2010).

Os valores de turbidez e cor mostram-se crescentes, ou seja, na medida em que a turbidez aumentou os valores de cor também aumentaram. Relação similar também foi encontrada por Díaz et al. (2016), ao investigarem a qualidade da água no rio Sinú em Montería/Córdoba. Os autores obtiveram valores de turbidez a partir de 56,33 UNT e de cor a partir de 15,54 elevando-se proporcionalmente em quatro pontos de coleta do rio, até obterem valores respectivos de turbidez e cor iguais a 301,33 e 42,51, respectivamente.

Em relação aos valores elevados de amplitude, todas as variáveis que integram o parâmetro físico tiveram seus valores condicionados pelos valores encontrados no PE3, como pode ser observado diante dos valores de ST que conferem alta amplitude (313,77 mg L⁻¹) condicionada pelo valor encontrado no PE3 ($\bar{x} = 438,57$; $\sigma = 214,89$). Da mesma forma que os valores de STD em que PE3 ($\bar{x} = 306,43$; $\sigma = 168,54$). Esse desempenho já era esperado, em função da relação diretamente proporcional a variáveis que integram o parâmetro químico, como a CE, a DBO e o CO_{total}.

No que tange aos parâmetros biológicos de C_{totais} e C_{term}, é possível inferir que nos PE2 e PE3 há despejo de dejetos humanos e/ou animais no córrego, e ainda, no PE3 o valor é acrescido de 25,75% em relação ao PE2. Conforme Ortega (2011), quando há descarga de esgoto em período recente, pode se observar a contaminação em amostras de água por coliformes termotolerantes, assim como podem conter seres patogênicos causadores de doenças. A deposição de materiais também se relaciona a fatores como a cor e a presença de sólidos dissolvidos. Nesse sentido, Scorsafava et al. (2010) discorreram que os maiores valores de cor estão associados a maior presença de sólidos dissolvidos em suspensão, sejam eles orgânicos e/ou inorgânicos.

3.1.3 Análise Global

Diante dos valores obtidos na água dos córregos foi possível verificar grande amplitude na maioria das variáveis investigadas, da mesma forma que é possível inferir que há também variabilidade entre os pontos amostrados, diante dos valores observados de desvio-padrão (variabilidade entre médias) e de erro-padrão (variabilidade da amostra).

De todo exposto, é que se buscou uma análise de variância global a fim de identificar um conjunto de variáveis que represente as condições ambientais de cada córrego e que tenham contribuído mais significativamente com a variação dos dados. Em relação à fatorabilidade da matriz de correlação (Tabela 4), a mesma foi confirmada pelo teste de explicabilidade de $KMO_{(24)}$ (0,71) e pelo teste adequabilidade de *Bartlett*₍₂₄₎ ($\chi^2 = 244,9752$ e $p\text{-valor} < 0,0001$), esses resultados confirmam o ajuste do modelo à matriz dos dados originais.

Na Tabela 4 são observadas 167 combinações (coeficiente de correlação $\geq 0,5$), dessas, 16 foram extremamente altas ($\geq 0,9$) e são representadas por Ca_{total} e Dt ($r = 0,98$); Na_{total} e Alc ($r = 0,96$); Ca_{total} e DQO ($r = 0,96$); C_{term} e CE ($r = 0,95$); Mn_{total} e Dt ($r = 0,94$); C_{term} e DBO ($r = 0,94$); DBO e Alc ($r = 0,93$); NH_4 e CE ($r = 0,93$); Dt e DQO ($r = 0,93$); SDT e DQO ($r = 0,93$); C_{term} e turbidez ($r = 0,92$), turbidez e Cor ($r = 0,91$); DQO e CE ($r = 0,90$); C_{term} e NH_4 ($r = 0,90$); e SDT e OD ($r = -0,94$) e OD e CE ($r = -0,92$).

Tabela 4. Correlação das variáveis químicas, físicas e biológicas dos córregos Abatedouro de aves e Embutidos. Quarta Colônia, RS

Variável	Alc	CE	DBO	DQO	Dt	OD	pH	NH ₄	NO ₃	Ca _{total}	CO _{total}	Cu _{total}	Fe _{total}	P _{total}	Mg _{total}	Mn _{total}	Na _{total}	Zn _{total}	Cor	ST	SDT	TURB	C _{total}	C _{term}	
Alc*	1,00																								
CE	0,86	1,00																							
DBO	0,93	0,84	1,00																						
DQO	0,66	0,90	0,65	1,00																					
Dt	0,37	0,75	0,39	0,93	1,00																				
OD	-0,82	-0,92	-0,70	-0,86	-0,68	1,00																			
pH	0,69	0,48	0,64	0,44	0,28	-0,34	1,00																		
NH ₄	0,88	0,93	0,82	0,70	0,52	-0,88	0,40	1,00																	
NO ₃	-0,32	-0,64	-0,33	-0,62	-0,58	0,72	0,35	-0,61	1,00																
Ca	0,43	0,77	0,46	0,96	0,98	-0,72	0,30	0,52	-0,61	1,00															
CO _{total}	0,37	0,71	0,37	0,56	0,58	-0,67	-0,19	0,76	-0,86	0,53	1,00														
Cu _{total}	0,09	0,07	-0,16	-0,05	0,04	-0,08	0,27	0,23	0,22	-0,10	0,20	1,00													
Fe _{total}	0,62	0,69	0,86	0,62	0,47	-0,43	0,48	0,54	-0,29	0,54	0,28	-0,44	1,00												
P _{total}	0,51	0,56	0,45	0,20	0,14	-0,46	0,12	0,79	-0,39	0,06	0,76	0,53	0,20	1,00											
Mg _{total}	0,39	0,73	0,39	0,69	0,79	-0,54	0,32	0,67	-0,43	0,69	0,75	0,47	0,39	0,63	1,00										
Mn _{total}	0,15	0,58	0,13	0,77	0,94	-0,50	0,17	0,38	-0,47	0,86	0,58	0,28	0,23	0,19	0,86	1,00									
Na _{total}	0,96	0,89	0,85	0,74	0,52	-0,85	0,76	0,87	-0,29	0,55	0,40	0,27	0,55	0,51	0,55	0,35	1,00								
Zn _{total}	0,05	0,06	0,00	-0,25	-0,18	0,07	0,00	0,33	0,06	-0,33	0,42	0,73	-0,16	0,83	0,45	0,03	0,10	1,00							
Cor	0,45	0,75	0,64	0,69	0,62	-0,62	-0,06	0,65	-0,82	0,66	0,75	-0,42	0,75	0,38	0,52	0,44	0,39	-0,07	1,00						
ST	0,74	0,61	0,64	0,32	0,03	-0,73	0,06	0,77	-0,59	0,10	0,53	-0,03	0,26	0,60	0,09	-0,16	0,61	0,15	0,46	1,00					
SDT	0,75	0,87	0,68	0,93	0,76	-0,94	0,40	0,71	-0,65	0,84	0,48	-0,13	0,51	0,15	0,44	0,53	0,78	-0,38	0,61	0,55	1,00				
TURB	0,76	0,87	0,89	0,70	0,51	-0,74	0,25	0,83	-0,68	0,57	0,66	-0,31	0,85	0,51	0,47	0,27	0,67	0,00	0,91	0,68	0,69	1,00			
C _{total}	0,79	0,89	0,77	0,79	0,71	-0,71	0,74	0,82	-0,27	0,68	0,51	0,34	0,65	0,55	0,83	0,62	0,89	0,24	0,49	0,31	0,66	0,65	1,00		
C _{term}	0,87	0,95	0,94	0,79	0,62	-0,78	0,56	0,90	-0,50	0,65	0,60	-0,04	0,85	0,57	0,66	0,42	0,86	0,11	0,76	0,57	0,73	0,92	0,89	1,00	
Médias	1,83	2,14	1,50	1,78	1,83	0,66	0,85	-0,12	-0,68	1,25	1,45	-1,03	0,42	-0,76	0,67	-0,39	1,21	-0,98	1,63	2,22	1,93	1,04	0,61	0,77	
Std.Dev.	0,21	0,39	0,39	0,51	0,27	0,29	0,02	0,68	0,14	0,27	0,19	0,90	0,25	0,50	0,27	0,56	0,41	0,15	0,86	0,22	0,36	0,62	1,59	0,80	

*Alc-Alcalinidade; CE-Conductividade elétrica; DBO-Demanda biológica de oxigênio; DQO-Demanda química de oxigênio; Dt-Dureza_{total}; OD-Oxigênio dissolvido; pH-Potencial hidrogeniônico; NH₄-Amônio; NH₃-Nitrato; Ca_{total}-Cálcio total; CO_{total}-Carbono orgânico total; Cu_{total}-Cobre total; Fe_{total}-Ferro total; P_{total}-Fósforo total; Mg_{total}-Magnésio total; Mn_{total}-Manganês total; Sódio_{total}-Sódio total; Zn_{total}-Zinco total; ST-Sólidos totais; STD-Sólidos totais dissolvidos; TURB-Turbidez; C_{total}-Coliformes totais e C_{term}-Coliformes termotolerantes.

Para melhor expressar as relações fatoriais com as variáveis que integram os parâmetros investigados proceder-se-á identificação das variáveis com maiores inter-relações em cada componente (Tabela 5). A análise conjunta dos parâmetros de ambos os córregos foi caracterizada por uma média do autovalor igual a 1,00. Denota-se que a carga fatorial e as correlações dos valores obtidos se distribuíram em cinco componentes principais que agruparam 100% da variação total dos dados investigados. Nesse interim, reportam-se as considerações de Jolliffe (2002) que foram aplicadas em trabalhos realizados por Guedes et al (2012), Finkler et al (2015) e Menezes et al (2016), entre outros, quando o número de componentes principais acumularem valores de variância total entre 70 e 90% será possível inferir que haverá

interpretação razoável, em relação à variação original dos dados. Diante disso, consideraram-se as duas primeiras componentes principais determinadas pela análise fatorial/análise de componentes principais, a componente principal 1 (CP1) e a componente principal 2 (CP2) que acumularam 57,78 e 13,84% da variância dos dados, respectivamente. As duas primeiras componentes foram capazes de explicar 71,62% da variação total dos dados e as demais apenas 28,38%.

No que concerne à análise fatorial, observa-se que no fator 1 concentrou-se o maior número de variáveis investigadas, e apenas o pH (-0,46), o Cu_{total} (-0,05) e o Zn_{total} (-0,07), integrantes do parâmetro químico, não obtiveram valores superiores a 0,5 (Tabela 5), sendo assim, há pequena possibilidade de haver um gradiente de valores entre os pontos amostrados para essas variáveis, como podem ser observados também na Figura 2.

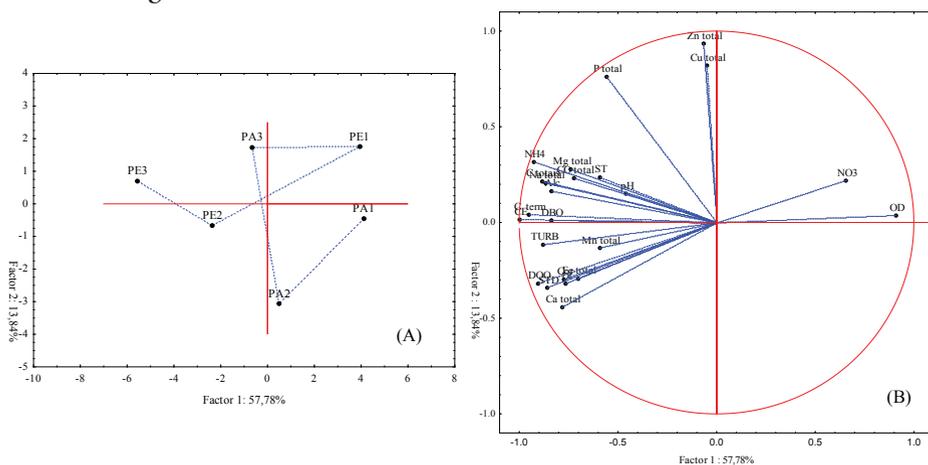


Figura 2. *Biplot* com a espacialização dos pontos de coleta dos córregos Abatedouro de aves e Embutidos (A) e a dispersão dos parâmetros químicos físicos e biológicos das duas primeiras componentes (B). Quarta Colônia, RS.

*Agroindústria familiar – Abatedouro de aves: Nascente (PA1); Antes da liberação de rejeitos (PA2) e Depois da fonte geradora de rejeitos (PA3); Agroindústria familiar – Embutidos: Nascente (PE1); Antes da liberação de rejeitos (PE2) e depois da fonte geradora de rejeitos (PE3).

Especificamente, sobre o pH, embora esse parâmetro químico tenha se relacionado mais próximos dos PE2 e PE3 (Figura 2), o mesmo manteve-se durante todo o monitoramento entre os padrões adequados às águas de classe I e II, conforme a resolução Conama 357/2005 (pH entre 6 e 9), e assim mostrando-se adequado

ao desenvolvimento da vida aquática, reciclagem orgânica e consequente autodepuração dos cursos d'água.

De outro prisma, no fator 2, como já era esperado, poucas variáveis com nível de significância superior a 0,5, apenas três, o Zinco_{total} (0,93), o Cu_{total} (0,82) e o P_{total} (0,76). Em relação ao P_{total}, em ambos os fatores, o valor superou 0,5, esse desempenho está associado à permanente contribuição dessa variável na água dos córregos amostrados.

De maneira geral, os parâmetros plotados na Figura 2A apresentaram padrão pouco diferenciado concentrando-se no espaço negativo do eixo fatorial, o maior número de variáveis. Apenas as variáveis que integram o parâmetro químico, NO₃ (0,66) e OD (0,91), obtiveram pesos positivos (Tabela 5) ficando associadas com maior afinidade aos PE1, PA1 e PA2 (Figura 2B).

A contribuição difusa dos parâmetros redutores de qualidade da água em ambos os córregos se assentam, principalmente a partir do PA1 e do PE1. Da mesma forma, observa-se que no córrego Embutidos há pouca presença da mata ciliar, o que está contribuindo com a redução da qualidade da água. O manejo adotado nas áreas de produção que margeiam os córregos, não está permitindo que ocorra a regeneração da mata ciliar, o que é mais evidente em aproximadamente 400 m antes do PA2 e 100 m antes do PE2. Tais considerações contribuíram na justificativa dos maiores valores das variáveis que compõem o parâmetro químico, entre elas a CE, o P_{total}, a DBO e o CO_{total} e daquelas que compõem o parâmetro físico como os ST, os STD e a cor, assim como dos parâmetros biológicos encontrados durante os nove meses de monitoramento. Observa-se ainda que o arranjo das variáveis que modelam a maior variação dos dados se deu principalmente aos PE2, PE3 e PA3. Aliás, a nascente do córrego Abatedouro de aves encontra-se circunda por 28.300 m² de remanescente da mata ciliar, e em cotas altimétrica acima da mesma, há menor atividade antrópica. Diferentemente do córrego Embutidos que em sua nascente tem menos 4.700 m² de remanescente de mata ciliar e intensa atividade de agricultura e pecuária nas áreas que antecedem a nascente.

Essas observações são importantes, pois reforçam a 'importância de um cinturão verde' nas fontes de água naturais. Conforme Dechen et al. (2015), em áreas de vegetação arbórea, tem-se a redução do escoamento superficial e da lixiviação do solo para os cursos d'água.

4 CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos é possível concluir que:

- os rejeitos das atividades desenvolvidas nas agroindústrias estão contribuindo para a redução da qualidade da água nos córregos Abatedouro de aves e Embutidos;
- a nascente do córrego Abatedouro de aves apresenta a maior área de mata ciliar e melhor qualidade de água do que na nascente do córrego Embutidos;
- os pontos de coleta a jusante da nascente do córrego Abatedouro de aves encontra-se mais vulnerável à contaminação difusa;
- a qualidade da água no córrego Embutidos é menor do que no córrego Abatedouro de aves;
- há necessidade de melhorar o tratamento de resíduos em ambas as agroindústrias e promover a regeneração da mata ciliar às margens dos córregos de ambas as agroindústrias.

REFERÊNCIAS

APHA; AWWA; WPCF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington, D. C.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2005.

AYRES, M.; AYRES JÚNIOR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. S.; AYRES L. L. **BioEstat**. Versão 5.0, Sociedade Civil Mamirauá, MCT – CNPq, Belém, Pará, Brasil. Disponível em: <<http://bioestat.software.informer.com/5.0/>>. Acesso em: 15 Ag 2016.

CASTRO, J.S.O. de; JÚNIOR, B.T.B.R.; PONTES, A.N.; MORALES, G.P. Potabilidade das águas subterrâneas para o consumo humano na área do polo industrial de BARCARENA-PARÁ. **Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.19; p. 2921, 2014.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2010. **Variáveis de qualidade das águas**. <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>>.

acesso em: 23 Ag. 2016.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357**, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, 23p.

CUNHA, A.C. Revisão descritiva sobre ecossistemas aquáticos na perspectiva da modelagem da qualidade da água. **Biota Amazônia**, v. 3, p. 124-143, 2013.

DECHEN, S.C.F.; TELLES, T.S.; GUIMARAES, M.F.; MARIA, I.C. Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. **Bragantia**, v. 74, n. 2, p. 224-233, 2015.

DÍAZ, J.J.F.; ARGUELLO, J.P.R.; RIBON, G.E.G. Comportamiento de la turbidez, pH, alcalinidad y color del agua del río Sinú tratada con coagulantes naturales. **Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia**. n. 78, p.119-128, 2016.

FINKLER, N.R.; PERESIN, D; COCCONI, J.; BORTOLIN, T.A.; RECH, A.; SCHNEIDER, V.E. Qualidade da água superficial por meio de análise do componente Principal. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 10 n. 4, p. 783-793, oct./dec. 2015.

GUEDES, H.A.S.; SILVA, D.D.; ELESBON, A.A.A.; RIBEIRO, C.B.M.; MATOS, A.T.; SOARES, J.H.P. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 558-563, 2012.

GUPTA, A.K.; AHMAD, I.; AHMAD, M. Genotoxicity of refinery waste assessed by some DNA damage tests. **Ecotoxicology & Environmental Safety**, in press, 2014.

JOLLIFFE, L.T. **Principal component analysis**. 2. ed. New York: Springer, 2002. 487p.

LIMA, R.N.de S.; RIBEIRO, C.B.de M.; BARBOSA, C.C.F.; FILHO, O.C.R.F. Estudo da poluição pontual e difusa na bacia de contribuição do reservatório da usina hidrelétrica de Funil utilizando modelagem espacialmente distribuída em Sistema de Informação Geográfica. **Engenharia Sanitária Ambiental**. v.21, n.1. p. 139-150, 2016.

MANNARINO, C.F.; MOREIRA, J.C.; FERREIRA, J.A.; ARIAS, A.R.L. Avaliação de impac-

tos do efluente do tratamento combinado de lixiviado de aterro de resíduos sólidos urbanos e esgoto doméstico sobre a biota aquática. **Ciência e saúde coletiva**, v. 18, n.11, p. 3235-3243, 2013.

MEES, J.B.R.; DAMASCENO, S.; VILAS BOAS, M.A.; FAZOLO, A.; SAMPAIO, S.C. Estabilização da biomassa de aguapé através da compostagem com águas residuárias de suínos e resíduos de frigorífico. **Ciências Agrárias**, Londrina, v.30, n.3, p.709-716, jul./set., 2009.

MENEZES, J.C.C.; BITTENCOURT, R.P.; FARIAS, M. de S. BELLO, I.P.; FIA, OLIVEIRA, L.F.C. de. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.21, n.3, jul/set, p.519-534, 2016.

MURPHY, J.; RILEY, J.P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Analítica Chimica**. Acta, Oxford, v. 27, p. 31-36, 1962.

OLIVEIRA, B.O.S. de; TUCCI, C.A. F.; JÚNIOR, A.F.N.; SANTOS, A.de A. Avaliação dos solos e das águas nas áreas de influência de disposição de resíduos sólidos urbanos de Humaitá, Amazonas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 21, n.3, Rio de Janeiro July/Sept. p.593-601, 2016.

ORTEGA, D.J.P. **Avaliação dos efeitos das atividades antrópicas na bacia hidrográfica do Córrego do Ipê, município de Ilha Solteira – SP**. 2011. 151f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Ilha Solteira, SP.

PACHECO, J.W. **Guia técnico ambiental de frigoríficos: industrialização de carnes (bovina e suína)**. São Paulo: CETESB, 2008. (Série P + L).

QUEIROZ, M.M.F.; IOST, C.; GOMES, S.D.; VILAS BOAS, M.A. Influência do uso do solo na qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 4, p. 200-210, 2010.

RIGUEIRA, R.J.de A.; FILHO, A.F.de L.; MATOS, A.T. de; DONZELES, L. M.S.; PALACIN, J.J.F. Alteração nas características físicas, químicas e bioquímicas da água no

processo de lavagem, despolpa e desmucilagem de frutos do cafeeiro. **Engenharia na agricultura**, Viçosa-MG, v.18, n.2, 2010.

ROCHA, C.H.B; PEREIRA, A.M. Análise multivariada para seleção de parâmetros de monitoramento em manancial de Juiz de Fora, Minas Gerais. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 11, n.1, jan./mar. 2016

RODRIGUES, D.C.; HARTWIG, M.P.; GERBER, M.D. Avaliação de nitrogênio e fósforo dos efluentes tratados dos abatedouros na cidade de Pelotas/RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 389-397, jan./abr. 2016,

SCORSAFAVA, M.A.; SOUZA, A. de; STOFER, M.; NUNES, C.A.; MILANEZ, T.V. Avaliação físico-química da qualidade de água de poços e minas destinada ao consumo humano. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 69, n. 2. 2010.

STATSOFT Inc. Statistica. 2004. (Data analysis software system). Version 7. Available: <http://www.statsoft.com>.

SUNADA, N. da S.; ORRICO, A.C.A.; JUNIOR, M.A.P.O.; CENTURION, S.R.; OLIVEIRA, A.B.de M.; FERNANDES, A.R.M.; JUNIOR, J. de L.; SENO, L. de O. Compostagem de resíduo sólido de abatedouro avícola. **Ciência Rural**, Santa Maria. v. 45, n. 1, p. 178-183, jan. 2015.

TIMOFIECSYK, A., FAVARETTO, N., PAULETTI, V., DIECKOW, J. Perdas De Carbono E Nitrogênio Com Aplicação De Dejeito Líquido Bovino Em Latossolo Muito Argiloso Sob Plantio Direto E Chuva Natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1924-1930, 2012.

WILSON, B.P.C. Water quality notes: water clarity (turbidity, suspended solids, and color). **Gainesville**: University of Florida, 2010.

Recebido em: 21/09/2016

Aceito em: 20/04/2017