



XI SILUBESA

Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

VII-023 - IMPACTO DE DESCARGAS DE SUINICULTURAS SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LIS

Judite dos Santos Vieira (1,2)

Licenciada em Química pela Universidade de Aveiro. Mestre em Química dos Produtos Naturais pela Universidade de Aveiro. Docente na Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria. Doutoranda em Ciências da Engenharia na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Cidália Maria de Sousa Botelho (1)

Licenciada em Engenharia Química pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Mestre em Química Aplicada pelo Instituto Superior Técnico de Lisboa. Doutora em Engenharia Química pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Rui Alfredo da Rocha Boaventura (1)

Licenciado em Engenharia Química pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Doutor em Engenharia Química pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Endereço (1): Rua Roberto Frias, 4200-465 Porto – Portugal; Tel: 225081683

e-mail: bventura@fe.up.pt

Endereço (2): Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria, Morro do Lena, Alto do Vieiro, Apart. 4163 2401-951 Leiria.

RESUMO

Com esta comunicação pretende-se avaliar a situação real dos problemas ambientais associados à actividade agro-pecuária com especial destaque para as suiniculturas. As suiniculturas, quer pelo elevado número de unidades, quer pela dimensão de algumas e pela localização concentrada em determinadas áreas da Bacia Hidrográfica do rio Lis possuem uma importância determinante no processo de poluição de toda a Bacia, colocando em risco a preservação e desenvolvimento da vida aquática e alguns usos da água importantes na região, designadamente a rega e as actividades de recreio e balneares.

A análise da situação foi efectuada com base em dados de qualidade da água obtidos em 9 estações de amostragem, em dois períodos distintos. Para além dos valores médios dos parâmetros considerados que permitiram identificar os principais tipos de poluição e trechos do rio mais degradados, procedeu-se ao cálculo de matrizes de correlação multi-variável para detectar eventuais relações entre parâmetros.

A contaminação das águas traduz-se, fundamentalmente, em valores elevados de CBO₅ e CQO, azoto amoniacal, sólidos em suspensão, coliformes totais e fecais e estreptococos fecais.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade de Águas Superficiais, Suiniculturas, Poluição.

INTRODUÇÃO

A intensificação da actividade pecuária em Portugal, particularmente no caso das suiniculturas, resultou na substituição da aplicação dos efluentes pecuários nos solos pela sua descarga directa em cursos de água, na maioria dos casos sem qualquer tipo de tratamento.

Relativamente ao sector da suinicultura em Portugal, e uma vez que este se encontra concentrado em determinadas regiões, incluindo a Beira Litoral onde se situa a bacia hidrográfica do rio Lis, pode-se prever impactos ambientais associados à actividade suinícola, quer pelo elevado número de unidades, quer pela dimensão de algumas, e pela localização concentrada em determinadas áreas nos sectores montante e intermédio da Bacia (Figura 1).

A bacia hidrográfica do rio Lis é a mais setentrional das bacias costeiras, situada entre a bacia do Mondego e a bacia do Tejo, com uma área de 850 km². O desenvolvimento que apresenta é principalmente meridiano, condizendo com o traçado Sul - Norte dos principais elementos hidrográficos que a constituem, o rio Lis e o rio Lena, seu principal afluente, e abrange, administrativamente, a totalidade dos concelhos de Leiria e Batalha e, parcialmente, os concelhos de Marinha Grande, Porto de Mós, Ourém e Pombal. Dos 6 municípios referidos, cinco deles pertencem ao distrito de Leiria inserido na região da Beira Litoral e Ourém pertence ao distrito de Santarém e inserido na região do Ribatejo e Oeste.

Na bacia do rio Lis, as variações anuais e sazonais do escoamento superficial, implicam, por um lado, a necessidade de aprovisionamento da água captada e, por outro lado, colocam problemas de qualidade da água devido à concentração de poluentes, que se revela drástica nos meses de Verão. Assim pode-se prever que as águas desta bacia apresentem fontes pontuais de poluição associadas aos efluentes agro-pecuários, com especial destaque para a actividade suinícola muito concentrada na região. Estima-se que na bacia do Lis existam cerca de 200 mil habitantes e 350 mil suínos que produzem grandes quantidades de efluentes. (1,2)

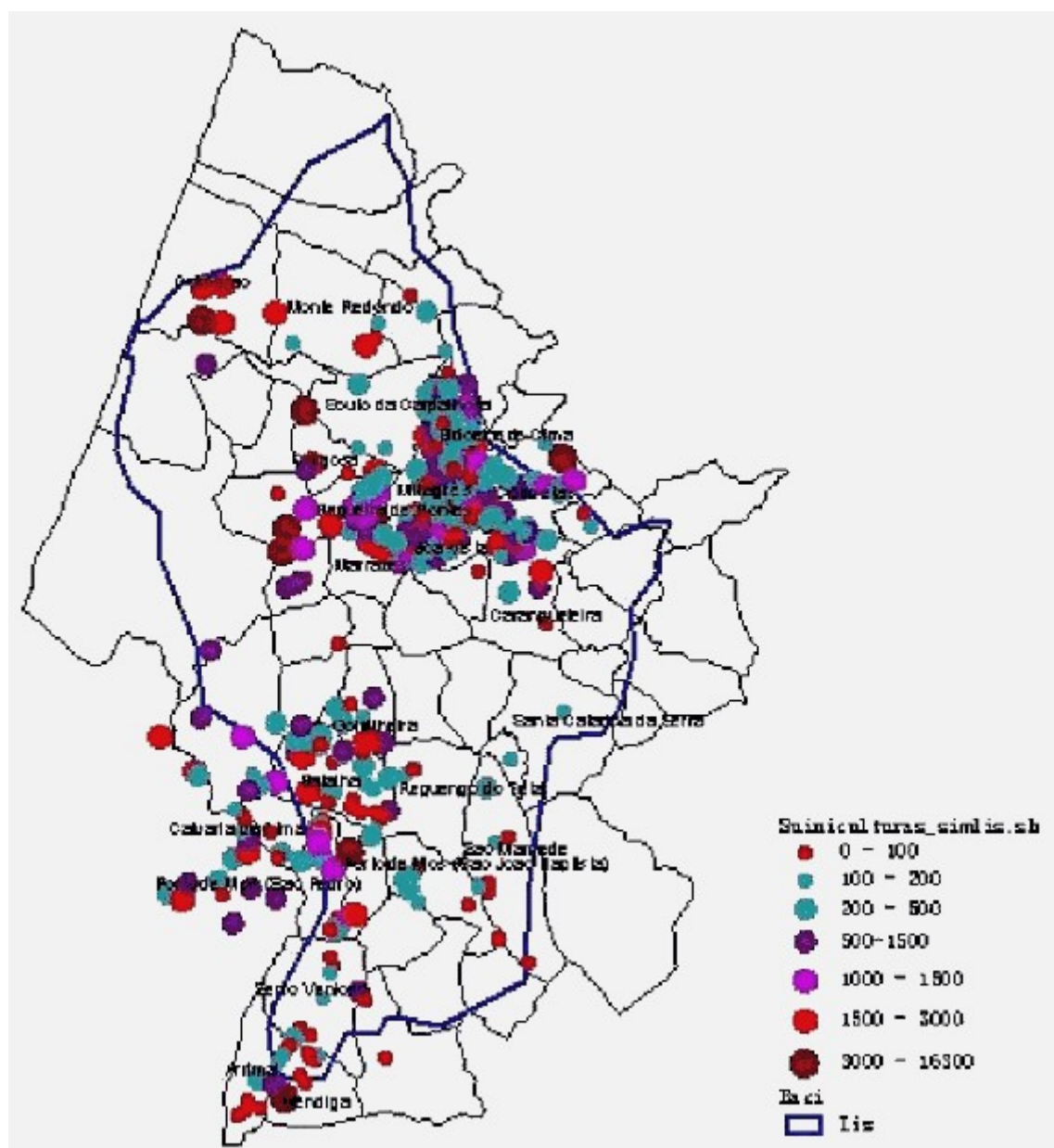


Figura 1 – Distribuição das suiniculturas por freguesia na bacia hidrográfica do rio Lis

Os principais constituintes dos efluentes animais (fezes e urina), descarregados de forma directa sobre as águas superficiais, são a matéria orgânica, nutrientes (azoto e fósforo) e bactérias fecais. Associados aos efluentes, contribuem também para a contaminação da água os resíduos provenientes da alimentação dos animais, animais mortos e resíduos resultantes da limpeza das instalações. O impacto deste tipo de contaminantes no meio hídrico depende da quantidade, do tipo de cada um dos poluentes e das características da água receptora.

A matéria orgânica contém carbono combinado com um ou mais elementos que, na presença de microorganismos, é convertida em compostos inorgânicos, contribuindo para a redução drástica do oxigénio dissolvido na água. A quantidade de matéria orgânica presente na água é avaliada pela determinação da CQO e CBO₅. Na análise da qualidade da água, o azoto total inclui o azoto orgânico total, azoto amoniacal (NH₄, NH₃), nitritos e nitratos. O azoto orgânico é convertido em azoto amoniacal em condições aeróbias ou em condições anaeróbias. O azoto orgânico presente nos resíduos sólidos dos animais (fezes) encontra-se usualmente na forma de moléculas complexas associadas, enquanto que o azoto orgânico presente na fracção líquida encontra-se fundamentalmente na forma de ureia.

Os alimentos para animais ou excesso de fertilizantes nas pastagens podem contribuir para os elevados níveis de azoto amoniacal e nitratos na água.

Relativamente ao fósforo, cerca de 73% do fósforo presente nas águas corresponde a fósforo orgânico e resulta da degradação metabólica (resíduos) de animais, e promove o desenvolvimento de algas podendo conduzir a processos de eutrofização.

A avaliação da qualidade da água sujeita a descargas de poluentes suínícolas deve ter em conta também os parâmetros microbiológicos, uma vez que este tipo de efluentes possui elevadas quantidades de microorganismos incluindo bactérias, vírus, parasitas e fungos. Muitos dos microorganismos são patogénicos para os animais e provocam doenças que são transmitidas também ao homem. Os coliformes fecais e os estreptococos fecais são utilizados como indicadores de poluição animal. ^(3,4)

Análise da Qualidade da Água

METODOLOGIA

A análise da qualidade da água baseou-se nos valores de vários parâmetros disponibilizados on-line pelo SNIRH, Instituto do Ambiente, relativos à qualidade de águas superficiais na bacia hidrográfica do rio Lis, em 9 estações de amostragem seleccionadas (Tabela 1) que abrangem praticamente a totalidade dos principais cursos de água da bacia.

Tabela 1: Estações de monitorização da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Lis

Bacia	Rio	Estação	Referências	Distância à Foz (km)
-------	-----	---------	-------------	----------------------

LIS	LIS	Fontes - 15E/06	Junto à nascente rio Lis	38,8
		Ponte dos Caniços – 15E/10	Após a confluência com a ribeira da Caranguejeira	29,2
		Ponte Arrabalde - 15E/05	Rio Lis, antes da confluência com o rio Lena	27,2
		Milagres – 15E/08	Ribeira dos Milagres	---
		Amor - 15D/01	Após confluência com a ribeira dos Milagres	19,7
		Monte Real - 14D/03	Após confluência com a ribeira da Carreira	13,0
	LENA	Porto de Mós - 16E/01	Junto à nascente rio Lena	23,3
		Mil Homens -15E/07	Rio Lena, a jusante da freguesia da Batalha	7,9
		Ponte das Mestras- 15E/03	Rio Lena, antes da confluência com o rio Lis	0,4

Os valores de concentração observados nas 9 estações analisadas foram submetidos a uma análise estatística com o objectivo de caracterizar a variabilidade dos valores observados e identificar os principais poluentes na bacia.

As principais limitações dos resultados apresentados neste estudo, são a falta de séries temporais completas relativamente ao conjunto dos dados e a existência de apenas duas estações hidrométricas, Ponte Mestras e Ponte Arrabalde, a última inoperante durante o Verão devido à criação de um açude para desvio de água para rega.

Com base nos dados observados para as diferentes estações de amostragem, calcularam-se coeficientes de correlação (r) entre todos os parâmetros em estudo, considerando dois períodos de tempo diferentes (1999-2000 e 2001-2002), obtendo-se uma matriz de correlação múltipla correspondente a cada período. Esta análise, considerando dois períodos diferentes, deve-se ao facto de existirem séries temporais incompletas em relação a alguns parâmetros, o que dificulta a elaboração de uma única matriz de correlação completa no período (1999-2002) para todos os parâmetros.

Os coeficientes de correlação obtidos foram comparados com os coeficientes de correlação críticos (r_{tabelado}) em função do número de pontos experimentais para um nível de significância 95% e com $n-2$ graus de liberdade, e seleccionaram-se as correlações estatisticamente significativas, em que $r > r_{\text{tabelado}}$ (Teste de conformidade, distribuição t).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise das duas matrizes de correlação obtidas para cada estação de amostragem, nos dois períodos distintos, apenas foram considerados os coeficientes de correlação estatisticamente significativos e comuns em ambas as matrizes, na tentativa de identificar as principais fontes poluidoras existentes na respectiva bacia hidrográfica, a montante de cada estação de amostragem.

Na ausência de informações mais completas e actualizadas, este estudo pretende identificar algumas fontes de poluição e relacioná-las com algumas indústrias poluentes, nomeadamente explorações de suiniculturas existentes a montante das nove estações de amostragem consideradas, com base na informação retirada do Plano de Bacia Hidrográfica do rio Lis. ⁽¹⁾

Tendo em conta os valores médios obtidos para os vários parâmetros (Tabela 2) e os coeficientes de correlação entre eles (Tabela 3), estatisticamente significativos, passa a analisar-se a situação encontrada em cada estação de amostragem:

Estação de amostragem de Fontes (15E/06)

Os problemas da poluição na bacia do Lis começam na zona de montante da bacia, uma região calcária que devido às suas características geológicas de grande permeabilidade faz com que as águas que brotam das exsurgências (nascentes do Lis e do Lena) não sofram qualquer processo de filtração.

Nesta estação verifica-se uma correlação positiva entre os coliformes totais, os coliformes fecais e os estreptococos fecais, o que poderá indicar descarga conjunta de efluentes domésticos e de explorações agro-pecuárias a montante. O facto de existir correlação positiva entre os coliformes fecais e estreptococos fecais confirma a presença de poluição conjunta de origem doméstica e animal, que é explicável pela falta de saneamento básico e a presença de explorações agro-pecuárias sem qualquer tratamento de efluentes. Verifica-se também correlação positiva entre a CBO₅, CQO e Oxidabilidade, o que indica a presença de matéria biodegradável facilmente oxidável. A correlação entre CQO e Oxidabilidade é de esperar uma vez que ambas indicam a presença de matéria quimicamente oxidável presente na água.

As correlações positivas da CBO₅ e CQO com a temperatura, são explicadas pelo facto da maioria dos processos redox serem catalisados pela temperatura. No entanto, estas correlações poderão estar associadas ao facto de nos meses de Verão a temperatura ser superior, o que corresponde a menores caudais, e consequentemente maiores concentrações de matéria orgânica, admitindo as mesmas cargas poluentes.

Relativamente aos fosfatos é de salientar a correlação positiva com os parâmetros microbiológicos, parecendo indicar uma mesma origem, contaminação fecal. Esta poderá estar também na origem da correlação positiva existente entre fosfatos e cloretos, apesar dos cloretos não aparecerem correlacionados com nenhum dos indicadores biológicos.

Salientam-se também as correlações positivas do azoto amoniacal com os nitritos e de ambos com os parâmetros microbiológicos. A degradação biológica da matéria orgânica azotada conduz à formação de amoníaco, em equilíbrio com a espécie NH_4^+ , que pode ser oxidado a nitrito, e este a nitrato. A correlação com os parâmetros microbiológicos indica uma fonte de poluição comum, o que pode explicar também a correlação positiva entre nitritos e fosfatos.

A correlação existente entre condutividade e temperatura decorre do facto da mobilidade das espécies iónicas aumentar com a temperatura.

As correlações entre temperatura e fosfatos, temperatura e pH e condutividade e oxidabilidade não são facilmente explicáveis e possivelmente poderão ser acidentais.

Estação de amostragem de Ponte dos Caniços (15E/10)

Esta estação de amostragem é recente, apresentando dados apenas a partir de 2001 (não existem dados de nitritos e oxidabilidade). Nesta estação foi calculada uma única matriz de correlação de todos os parâmetros em análise.

Numa primeira análise da matriz de correlação múltipla ressalta o facto de não existirem correlações entre os vários indicadores biológicos e entre eles e qualquer um dos outros parâmetros, o que poderá indicar que a poluição existente se deve a descarga de efluentes industriais e/ou é de origem difusa. Esta estação localiza-se a montante da cidade de Leiria e a jusante da confluência da ribeira da Caranguejeira, que drena uma série de freguesias com pequenas concentrações industriais e terrenos agrícolas.

Ao analisar a matriz de correlação múltipla salienta-se uma correlação significativa entre CBO₅ e CQO o que indica a presença de matéria orgânica biodegradável, facilmente oxidável.

A correlação negativa entre o OD e a CBO₅ parece óbvia atendendo a que quanto maior a carência bioquímica de oxigénio, menor a concentração de oxigénio na água, uma vez que é utilizado como agente oxidante da matéria orgânica.

Verifica-se também que o OD se correlaciona negativamente com azoto amoniacal e positivamente com os nitratos, o que corresponde às correlações apresentadas entre azoto amoniacal e nitratos com a CBO₅ e a CQO e está de acordo com a variação inversa destes parâmetros.

O azoto amoniacal encontra-se associado à poluição orgânica explicando a correlação positiva com CBO₅ e CQO e negativa com oxigénio dissolvido. A confirmar a origem orgânica aparece a correlação negativa com os nitratos. Estes resultam da reacção de nitrificação, justificando uma variação inversa de ambas as espécies. Os nitratos são o produto final da oxidação do azoto orgânico, a sua presença na água dos rios poderá resultar do lançamento de esgotos domésticos bem tratados, o que indica que a ETAR – Olhalvas, que se encontra a montante desta estação, se encontra a

funcionar bem. No entanto, ao contrário do que seria esperado, nem o azoto amoniacal, nem a CBO_5 aparecem correlacionadas com os parâmetros microbiológicos, o que poderá indicar que a quantidade de contaminação fecal é pouco significativa em relação a outro tipo de contaminação.

Por outro lado, os fosfatos encontram-se correlacionados negativamente com nitratos e com o OD, provavelmente devido ao facto dos fosfatos aparecerem associados ao azoto amoniacal, ou seja parece confirmada a hipótese anterior.

Os cloretos aparecem correlacionados negativamente com os SST, o que parece confirmar a origem industrial dos cloretos. Por fim, a análise das correlações entre OD e pH (positiva) e condutividade e pH (negativa) parece indicar a presença de compostos químicos orgânicos facilmente oxidáveis e que promovem alterações nos valores de pH, não alterando a condutividade. Não considerando estas correlações como fortuitas pode-se especular quanto à existência de matéria orgânica oxidável (aldeídos, fenóis....) de origem industrial e que poderá ser explicada pela concentração de indústrias de bebidas, nomeadamente destilarias ao longo da ribeira da Caranguejeira ou Sirol.

Estação de amostragem de Ponte Arrabalde (15E/05)

Esta estação de amostragem encontra-se a jusante da cidade de Leiria, zona de maior densidade populacional da bacia, e imediatamente a montante da confluência com o rio Lena (maior afluente do Lis). Ao analisar a matriz de correlação obtida, é de realçar o número reduzido de correlações.

Os coliformes fecais aparecem correlacionados com os estreptococos fecais o que parece estar associado a contaminação fecal. São observadas correlações positivas entre a CBO_5 e estes indicadores microbiológicos, o que sugere a existência de descargas de esgotos domésticos a montante, relativamente próximas da estação de amostragem. Esta conclusão é reforçada pelas correlações entre os SST e os parâmetros referidos.

No entanto, não são observadas correlações entre coliformes totais e coliformes fecais e CBO_5 .

A correlação positiva entre CBO_5 e oxidabilidade e deste parâmetro com CQO indicam a presença de matéria orgânica biodegradável facilmente oxidável. No entanto, é de estranhar a inexistência de correlação da CBO_5 com CQO.

As correlações positivas entre CQO e condutividade com a temperatura já foram abordadas anteriormente.

Estação de amostragem de Porto de Mós (16E/01)

Esta estação encontra-se a montante do rio Lena (maior afluente do rio Lis), cuja características são similares às discutidas relativamente à estação de amostragem de Fontes. No entanto, o número de explorações de suínos e bovinos é superior.

Através da análise da matriz de correlação múltipla verifica-se que os coliformes totais aparecem correlacionados com os restantes parâmetros microbiológicos, e os coliformes fecais com os estreptococos fecais o que indica a presença de contaminação fecal. A correlação positiva, pouco significativa, entre os fosfatos e os indicadores biológicos parece indicar uma mesma origem, efluentes agro-pecuários e esgotos domésticos.

A correlação positiva entre CQO e oxidabilidade indica a presença de matéria orgânica oxidável mas, estranhamente, nenhum destes parâmetros aparece correlacionado com a CBO_5 .

A correlação positiva entre CQO e oxidabilidade com a temperatura já foi discutida anteriormente.

Os cloretos aparecem correlacionados com CQO e oxidabilidade, o que decorrerá das fontes de poluição consideradas.

As correlações negativas do OD com CQO e oxidabilidade são facilmente explicadas pelo consumo de oxigénio nas reacções de oxidação da matéria orgânica. Por outro lado, a correlação positiva entre cloretos e nitratos, estes como produto final da oxidação de azoto orgânico ou amoniacal, parece indicar uma mesma origem destes dois parâmetros na água.

A correlação positiva, embora pouco significativa entre o azoto amoniacal e os estreptococos fecais estará associada às fontes de poluição consideradas. No entanto, estranha é a correlação entre azoto amoniacal e nitritos, sem que haja correlação entre os nitritos e os indicadores microbiológicos. Por outro lado, pode explicar-se a ausência de correlação com os outros indicadores biológicos pelo facto de serem menos resistentes, encontrando-se já numa fase de declínio aquando da formação de azoto amoniacal, por hidrólise do azoto orgânico.

Os nitritos aparecem correlacionados com a CBO_5 , e CQO o que indica uma origem comum de azoto orgânico/azoto

amoniaco e matéria orgânica biodegradável. Existe também correlação entre os nitritos e os fosfatos o que poderá indicar também uma mesma proveniência. Verifica-se também uma correlação positiva entre os nitritos e a condutividade.

A correlação negativa entre nitritos e pH pode ser explicada pelo facto das reacções de oxidação conduzirem à diminuição do pH, por aumento do dióxido de carbono na água resultante das reacções de oxidação aeróbias. As correlações positivas entre nitritos e CBO₅ e CQO corroboram esta explicação. De origem fortuita parece ser a correlação observada entre nitratos e temperatura.

Estação de amostragem de Mil Homens (15E/07)

Esta estação encontra-se a montante da cidade de Leiria, no rio Lena, mas a jusante das cidades de Porto de Mós e Batalha. Nesta zona, encontram-se localizadas plantações agrícolas, explorações agro-pecuárias e pequenas indústrias associadas à serração e corte de pedra, cerâmicas e fabricação de alimentos compostos para animais.

Verifica-se correlação entre os parâmetros microbiológicos o que será indicativo de contaminação fecal proveniente de efluentes agro-pecuários e esgotos domésticos.

O azoto amoniacal encontra-se associado à poluição orgânica, explicando a correlação que apresenta com CBO₅, CQO e oxidabilidade.

Os nitratos aparecem correlacionados positivamente com o OD, o que seria de esperar, quando a presença de nitratos resulta do processo de nitrificação. Se a matéria orgânica já se encontra oxidada não há consumo de oxigénio. Da mesma forma se explica a correlação negativa entre os nitratos e a oxidabilidade.

As correlações positivas da CQO com a oxidabilidade e destes com a temperatura já foram discutidas anteriormente.

A correlações dos fosfatos com CQO e cloretos parece indicar um mesmo tipo de proveniência, contaminação por efluentes industriais, uma vez que a correlação entre fosfatos e coliformes fecais é negativa.

A correlação negativa do OD com a temperatura também já foi analisada anteriormente. No entanto, esta correlação poderá explicar as correlações negativas entre temperatura e nitratos e OD e fosfatos, uma vez que, neste caso, os fosfatos se correlacionam positivamente com a temperatura.

As correlações de fosfatos com a condutividade e com cloretos poderão confirmar a presença de contaminação industrial já referida anteriormente, apesar de não existir correlação entre cloretos e condutividade.

Também a correlação entre condutividade e temperatura foi já explicada, a propósito de outras estações de amostragem.

A correlação positiva entre OD e coliformes fecais e a correlação negativa entre estes e os fosfatos, poderá indicar a baixa contaminação fecal neste troço do rio relativamente à contaminação industrial.

Estação de amostragem de Ponte Mestras (15E/03)

Esta estação de amostragem situa-se a jusante da cidade de Leiria, no rio Lena, e a montante da confluência com o rio Lis.

Numa primeira análise da matriz de correlação ressalta o facto de não existirem correlações entre os três parâmetros microbiológicos em análise. A CBO₅ aparece correlacionada apenas com os estreptococos fecais o que revela a presença de matéria orgânica biodegradável. O facto de não existirem correlações com os outros parâmetros microbiológicos poderá significar que se está em presença de poluição de origem animal.

As correlações da CQO com a temperatura e com a oxidabilidade já foram discutidas anteriormente.

A correlações entre cloretos e fosfatos e oxidabilidade parece indicar uma mesma proveniência, contaminação por efluentes industriais, tal como foi verificado para a estação anterior.

Também a correlação da condutividade com a temperatura e com os cloretos e destes com a temperatura foram explicadas relativamente a outras estações de amostragem.

O azoto amoniacal aparece correlacionado com os nitritos e com a oxidabilidade, o que também já foi referido anteriormente.

Os nitritos aparecem correlacionados negativamente com o pH, o que poderá estar associado ao facto das reacções de bio-oxidação conduzirem à diminuição do pH. Esta hipótese poderá ser confirmada pela correlação negativa entre OD e nitritos, devido à oxidação biológica dos nitritos a nitratos e pela correlação entre azoto amoniacal e oxidabilidade.

Relativamente à correlação entre nitritos e fosfatos poderá indicar uma mesma origem.

As correlações negativas de nitritos e de fosfatos com estreptococos fecais e de cloretos com SST, poderá significar que essa origem é industrial.

Com base nos parâmetros correlacionados parece evidente a presença de contaminação conjunta de origem agro-pecuária e industrial, neste troço do rio.

Estação de amostragem de Amor (15D/01)

A estação de Amor apresenta uma localização estratégica na bacia Hidrográfica do Lis, uma vez que se encontra depois da confluência do rio Lis com o rio Lena e a jusante da ribeira dos Milagres (muito poluída). Da análise da matriz de correlação múltipla verifica-se que a correlação mais significativa ocorre entre coliformes totais e coliformes fecais. Esta correlação indica a descarga de esgotos de explorações agro-pecuárias e/ou esgotos domésticos a montante (ribeira dos Milagres). Estando os coliformes fecais contabilizados nos totais é de esperar que a variação de um deles implique variação no outro, no mesmo sentido.

A presença de matéria orgânica biodegradável é confirmada pela correlação positiva entre os coliformes totais e coliformes fecais e a CBO₅.

A correlação positiva entre a CBO₅ e a oxidabilidade indica a presença de matéria orgânica biodegradável facilmente oxidável.

Também se verifica correlação positiva entre CQO e oxidabilidade o que indica a presença de matéria facilmente oxidada.

Verifica-se correlação negativa entre o OD e a temperatura, o que está de acordo com a diminuição da solubilidade do oxigénio com o aumento da temperatura e verifica-se uma correlação positiva entre temperatura e condutividade já anteriormente mencionada. Desta forma, o facto de a velocidade das reacções de oxidação aumentar com a temperatura, origina uma correlação positiva entre CQO e temperatura e entre CQO e condutividade.

A correlação positiva entre CQO e cloretos confirma a presença de cloretos nas descargas poluentes.

Relativamente à matéria azotada, verificam-se correlações negativas entre OD e azoto amoniacal e OD e nitritos; por outro lado, entre OD e nitratos a correlação é positiva. Estes resultados estão de acordo com o ciclo oxidativo do azoto. A correlação positiva entre azoto amoniacal e CQO e azoto amoniacal e oxidabilidade confirma a mesma origem deste poluente e da matéria orgânica oxidável, do que resultam também correlações negativas entre nitratos e CQO e nitratos e oxidabilidade.

A correlação do azoto amoniacal com os cloretos indica também uma mesma origem destes poluentes. Também se verificam correlações negativas dos nitratos com cloretos, condutividade e temperatura, o que está de acordo com as correlações inversas destes parâmetros com azoto amoniacal e com a CQO.

A correlação entre nitritos e pH já foi explicada anteriormente. Existe ainda correlação positiva entre estreptococos fecais e SST, o que poderá indicar a presença de contaminação mista (fecal e industrial) recente.

Estação de amostragem de Milagres (15E/08)

Numa primeira análise da matriz de correlação nesta estação de amostragem ressalta a existência de um grande número de parâmetros correlacionados, relativamente às outras estações de amostragem. Este facto está associado ao grande número de explorações de suiniculturas concentradas ao longo da ribeira, pequenas indústrias metalomecânicas e indústrias de fabricação de produtos químicos.

O efeito da poluição antropogénica faz variar significativamente as espécies químicas e microbiológicas presentes no rio, surgindo um número elevado de correlações entre os parâmetros devido à mesma proveniência.

As correlações entre os coliformes totais e fecais, e dos fecais com os estreptococos fecais já foram discutidas

anteriormente. De salientar que a CBO₅ apenas se correlaciona com os coliformes totais.

As correlações de CBO₅ com a CQO e oxidabilidade, e destes dois parâmetros entre si, indicam a presença de matéria orgânica biodegradável, facilmente oxidável, facto que está de acordo com as fontes poluentes existentes na ribeira, e comprovado pela correlação entre a CQO e os coliformes totais.

Esta hipótese é reforçada também pela correlação entre os parâmetros anteriores e a condutividade e cloretos e as correlações negativas entre o OD e os mesmos parâmetros (CBO₅, CQO e oxidabilidade).

Por outro lado, verifica-se que o OD se correlaciona negativamente com todos os parâmetros que apresentam uma correlação positiva com a CBO₅.

A correlação positiva dos nitratos com a OD e negativa com a oxidabilidade já foi referida anteriormente.

Por outro lado, as correlações negativas dos nitratos com cloretos, condutividade e temperatura poderão ser explicadas pela relação directa que os nitratos têm com o OD, contrária à CBO₅.

O facto de o azoto amoniacal se apresentar correlacionado com os cloretos, e estes com os fosfatos parece indiciar uma mesma proveniência para estes poluentes.

A correlação positiva entre azoto amoniacal e coliformes totais confirma a presença de matéria orgânica azotada, nas fontes de poluição microbiológica, por outro lado, as correlações negativas entre os nitritos e nitratos e os indicadores biológicos parecem confirmar a existência de matéria poluente recente. As correlações de coliformes totais com condutividade e com SST estão de acordo com a afirmação anterior.

Estação de amostragem de Monte Real (14D/03)

A estação de Monte Real encontra-se próxima da foz e surge após a confluência das ribeiras de Escoura, Amor e Fagundo que drenam a freguesia de Marinha Grande, fortemente industrializada.

Existe correlação entre coliformes totais e coliformes fecais e entre estreptococos fecais e SST, CBO₅ e OD, o que indica a presença de matéria orgânica biodegradável de origem fecal.

As correlações entre CQO e oxidabilidade e OD e temperatura já foram explicadas anteriormente.

As correlações entre cloretos e condutividade e cloretos e temperatura estão de acordo com a correlação positiva entre a condutividade e a temperatura, também já anteriormente justificada.

As correlações entre azoto amoniacal e coliformes fecais e nitritos já foram discutidas em análises anteriores. De salientar a correlação de azoto amoniacal com cloretos que parece indiciar uma proveniência comum.

No entanto, ao contrário do azoto amoniacal, os cloretos não aparecem correlacionados com indicadores biológicos, mas aparecem correlacionados negativamente com OD, o que parece indicar contaminação mista (fecal e industrial). Esta hipótese parece reforçada pela correlação positiva dos fosfatos com oxidabilidade e com condutividade, sem qualquer outro tipo de correlação.

Tabela 2: Medidas estatísticas (média e mediana) dos diferentes parâmetros analisados nas 9 estações de amostragem

Estação Código	Medida Estatíst.	N amoniacal (mg/L)	Nitritos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	OD (mg/L)	CBO ₅ (mg/L)	CQO (mg/L)	Oxida. (mg/L)	pH -
Fontes	Média	1,04	0,10	16,15	8,30	2,14	17,1	4,5	7,6
15E/06	Mediana	0,33	0,04	15,97	8,20	1,37	14,5	3,2	7,5
Ponte Caniços	Média	1,06	-	12,74	8,09	3,66	25,5	-	8,1
15E/10	Mediana	0,57	-	12,77	8,35	2,00	23,5	-	8,2
Ponte Arrabalde	Média	0,95	0,40	15,17	8,80	2,41	20,9	6,0	8,2
15E/05	Mediana	0,71	0,30	15,97	9,00	2,00	20,5	4,9	8,2
Milagres	Média	10,33	1,52	14,42	6,41	19,10	175,3	34,3	7,8
15E/08	Mediana	8,54	1,12	11,23	7,50	7,89	63,0	18,7	7,8
Amor	Média	4,79	1,34	15,16	7,54	5,21	35,3	9,4	7,9
15D/01	Mediana	4,00	1,08	14,59	7,70	5,00	32,5	6,8	8,0
Monte Real	Média	4,65	1,29	13,94	7,08	5,51	41,1	12,8	7,9
14D/03	Mediana	4,36	0,97	12,12	7,00	4,70	36,9	8,6	7,9
Ponte Mestras	Média	2,17	1,17	15,72	8,54	4,29	32,2	10,0	8,0
15E/03	Mediana	1,64	1,16	14,58	8,80	3,62	31,2	8,4	8,1
Mil Homens	Média	1,08	0,53	15,00	8,00	4,99	33,9	9,1	8,0
15E/07	Mediana	0,81	0,45	15,91	8,60	2,07	28,4	7,0	8,0
Porto de Mós	Média	0,39	0,05	7,86	9,17	1,62	18,9	4,4	8,0
16E/01	Mediana	0,12	0,02	7,61	9,00	1,00	14,0	3,1	8,1

Estação Código	Medida Estatíst.	Colif. Tot. (MPN/100 mL)	Colif. Fec. (MPN/100 mL)	Estrept. Fec. (MPN/100 mL)	Fosfatos (mg/L)	Cloratos (mg/L)	SST (mg/L)	Condu. (μ S/cm)	Temp. (° C)
Fontes	Média	5,8E-03	1,6E-03	1,5E-02	0,85	40,8	22,4	516	16,8
15E/06	Mediana	3,5E-03	8,0E-02	1,3E-02	0,76	43,4	2,6	508	16,5
Ponte Caniços	Média	7,0E-04	1,4E-04	5,7E-03	0,70	44,9	93,6	463	15,7
15E/10	Mediana	1,1E-04	5,2E-03	5,7E-02	0,75	45,0	9,4	471	16,3
Ponte Arrabalde	Média	3,4E-04	1,2E-04	7,3E-02	0,72	42,7	148,5	499	17,2
15E/05	Mediana	1,4E-04	6,5E-03	6,5E-02	0,69	43,2	10,3	486	17,0
Milagres	Média	1,1E-05	2,4E-04	2,4E-03	4,97	79,2	251,7	677	16,4
15E/08	Mediana	3,8E-04	1,9E-04	2,2E-03	4,55	56,5	26,0	553	17,5
Amor	Média	6,2E-04	2,0E-04	1,6E-03	2,29	91,3	201,0	670	17,3
15D/01	Mediana	3,6E-04	1,3E-04	1,3E-03	2,01	73,0	14,0	590	17,5
Monte Real	Média	6,8E-04	1,2E-04	7,9E-02	2,32	87,4	211,1	615	17,4
14D/03	Mediana	2,3E-04	7,8E-03	5,0E-02	1,94	84,1	17,7	572	17,5
Ponte Mestras	Média	4,8E-04	2,1E-04	1,4E-03	1,93	101,1	219,7	713	16,9
15E/03	Mediana	2,4E-04	1,1E-04	6,3E-02	1,99	100,9	9,9	736	17,0
Mil Homens	Média	1,2E-04	5,3E-03	5,2E-02	1,56	91,8	148,2	687	16,8
15E/07	Mediana	8,7E-03	1,7E-03	2,2E-02	1,15	100,0	9,4	663	16,5
Porto de Mós	Média	1,2E-04	5,3E-03	5,2E-02	0,16	46,1	27,4	521	16,1
16E/01	Mediana	8,7E-03	1,7E-03	2,2E-02	0,06	23,0	2,8	407	15,5

Tabela 3: Matriz de correlação múltipla das 9 estações de amostragem em análise

15E/06	N amoniac.	Nitritos	CBO ₅	CQO	Oxidab.	Fosfatos	Cond.	pH	Col. Tot.	Col. Fec.	Estr. Fec.	Temp.	Cloratos
N amoniac.	1												
Nitritos	0,882	1											
CBO ₅			1										
CQO			0,526	1									
Oxidab.			0,798	0,840	1								
Fosfatos		0,814				1							
Cond.					0,536		1						
pH								1				0,541	
Col. Tot.	0,561	0,674				0,596			1				
Col. Fec.	0,690	0,884				0,630			0,768	1			
Estr. Fec.	0,825	0,777				0,667			0,545	0,626	1		
Temp.			0,554	0,688		0,736	0,692					1	
Cloratos						0,736							1

15E/10	Namoniac.	CBO ₅	CQO	Fosfatos	Cond.	pH	Nitratos	OD	SST	Cloretos
Namoniac.	1									
CBO ₅	0,927	1					-0,656	-0,596		
CQO	0,911	0,912	1				-0,607			
Fosfatos				1			-0,490	-0,513		
Cond.					1					
pH					-0,546	1		0,478		
Nitratos	-0,650						1			
OD	-0,542						0,584	1		
SST									1	-0,593
Cloretos										1

15E/05	Namoniac.	Nitritos	CBO ₅	CQO	Oxidab.	Cond.	pH	Col. Fac.	Estr. Fac.	Temp.	SST
Namoniac.	1										
Nitritos	0,582	1									
CBO ₅			1								
CQO				1							
Oxidab.			0,537	0,889	1						
Cond.						1					
pH							1				
Col. Fac.			0,496					1			
Estr. Fac.			0,757					0,820	1		
Temp.				0,518		0,617	0,734			1	
SST								0,558	0,665		1

16E/01	Namoniac.	Nitritos	CBO ₅	CQO	Oxidab.	Fosfatos	Cond.	pH	Col. Tot.	Col. Fac.	Estr. Fac.	Temp.	Nitratos	OD	Cloretos
Namoniac.	1														
Nitritos	0,882	1													
CBO ₅		0,482	1												
CQO		0,921		1										-0,634	
Oxidab.			0,940	1										-0,647	
Fosfatos		0,861			1										
Cond.		0,579				1									
pH		-0,534					1								
Col. Tot.								1							
Col. Fac.						0,480		0,948	1						
Estr. Fac.	0,494					0,522		0,877	0,947	1					
Temp.			0,706	0,563							1	0,566			
Nitratos												1			
OD													1		
Cloretos			0,745	0,586									0,604		1

15E/07	Namoniac.	CBO ₅	CQO	Oxidab.	Fosfatos	Cond.	pH	Col. Tot.	Col. Fac.	Estr. Fac.	Temp.	Nitratos	OD	SST	Cloretos
Namoniac.	1														
CBO ₅	0,732	1													
CQO	0,686		1												
Oxidab.	0,628	0,950	1									-0,540			
Fosfatos		0,567		1									-0,513		
Cond.				0,542	1										
pH						1									
Col. Tot.							1								
Col. Fac.				-0,511		0,577	0,721	1					0,549		
Estr. Fac.							0,637	1							
Temp.		0,601	0,544	0,544	0,577					1		-0,619	-0,614		
Nitratos												1			
OD												0,739	1		
SST									0,489					1	
Cloretos				0,541											1

15E/03	Namoniac.	Nitritos	CBO ₅	CQO	Oxidab.	Fosfatos	Cond.	pH	Estr. Fec.	Temp.	Nitratos	OD	SST	Cloratos
Namoniac.	1													
Nitritos	0,556	1												
CBO ₅			1											
CQO				1										
Oxidab.	0,675			0,662	1						-0,530			
Fosfatos		0,674				1								
Cond.							1						0,642	
pH		-0,592						1		0,612				
Estr. Fec.		-0,497	0,547		-0,544				1					
Temp.				0,613			0,684			1				0,717
Nitratos											1			
OD		-0,493										1		
SST													1	-0,586
Cloratos					0,622	0,539								1

15D/01	Namoniac.	Nitritos	CBO ₅	CQO	Oxidab.	Cond.	pH	Col. Tot.	Col. Fec.	Estr. Fec.	Temp.	Nitratos	OD	SST	Cloratos
Namoniac.	1														
Nitritos		1													
CBO ₅			1												
CQO	0,826			1								-0,544			
Oxidab.	0,627		0,682	0,756	1							-0,539			
Cond.	0,606			0,716		1						-0,625			0,921
pH		-0,556					1								
Col. Tot.			0,565					1							
Col. Fec.			0,522					0,854	1						
Estr. Fec.										1					
Temp.	0,649			0,691		0,812					1	-0,741	-0,641		0,679
Nitratos												1			
OD	-0,719	-0,613										0,540	1		
SST										0,529				1	
Cloratos	0,637			0,665								-0,673			1

15E/08	Namoniac.	Nitritos	CBO ₅	CQO	Oxidab.	Fosfatos	Cond.	Col. Tot.	Col. Fec.	Estr. Fec.	Temp.	Nitratos	OD	SST	Cloratos
Namoniac.	1														
Nitritos		1													
CBO ₅			1										-0,705		
CQO			0,978	1									-0,755		
Oxidab.			0,716	0,698	1							-0,525	-0,593		
Fosfatos						1									
Cond.			0,944	0,882			1					-0,532	-0,723		0,761
Col. Tot.	0,547		0,605	0,569			0,664	1				-0,546	-0,660		
Col. Fec.								0,524	1			-0,519			
Estr. Fec.		-0,534							0,565	1					
Temp.											1	-0,612	-0,724		
Nitratos												1			
OD												0,783	1		
SST								0,636						1	
Cloratos	0,708		0,569	0,569		0,721						-0,652	-0,728		1

14D/03	Namoniac.	Nitritos	CBO ₅	CQO	Oxidab.	Fosfatos	Cond.	Col. Tot.	Col. Fec.	Estr. Fec.	Temp.	Nitratos	OD	SST	Cloratos
Namoniac.	1														
Nitritos	0,670	1													
CBO ₅			1												
CQO				1											
Oxidab.		-0,649		0,758	1										
Fosfatos					0,523	1									
Cond.						0,475	1								0,891
Col. Tot.								1							
Col. Fec.	0,555							0,492	1						
Estr. Fec.			0,476							1			0,526		
Temp.							0,688				1	-0,578	-0,695		0,743
Nitratos												1			
OD													1		
SST										0,532				1	
Cloratos	0,632												-0,762		1

CONCLUSÕES

Com este estudo e de acordo com a distribuição das explorações de suiniculturas ao longo da bacia hidrográfica do rio Lis e tendo em conta que estas se concentram apenas em três dos concelhos da Bacia, Leiria, Batalha e Porto de Mós, pode-se concluir que as linhas de água se encontram poluídas em quase toda a extensão da bacia hidrográfica. No entanto, destaca-se o concelho de Leiria que apresenta o maior número de explorações, nomeadamente nas freguesias de Milagres, Colmeias, Marrazes, Bidoeira de Cima e Boa Vista, o que se reflecte na maior contaminação das linhas de água correspondentes, com especial destaque para a ribeira dos Milagres, e a jusante de todo o percurso do rio Lis após a confluência desta ribeira.

Relativamente aos concelhos de Batalha e Porto de Mós, as cargas poluentes concentram-se nas freguesias de Batalha e Porto de Mós (São João Baptista), respectivamente, o que afecta o rio Lena em quase todo o seu percurso. Também de salientar a contaminação existente a montante do rio Lis devido a pequenas explorações agropecuárias sem qualquer tipo de tratamento de efluentes, cujas descargas são efectuadas no maciço calcário estremenho que devido às suas características de permeabilidade conduz à contaminação da água nas exsurgências.

Da análise conjunta efectuada em cada estação de amostragem do rio Lis verifica-se que as que se inserem nas linhas de água mais sujeitas a cargas poluentes de suiniculturas apresentam os valores mais elevados de CQO, CBO₅, oxidabilidade, SST, coliformes totais, coliformes fecais e estreptococos fecais, assim como as maiores concentrações de azoto amoniacal e fosfatos.

Os efluentes das explorações pecuárias provocam impactos negativos na água de diversas formas, nomeadamente, morte de peixes, crescimento de algas nas águas superficiais e deterioração da qualidade da água utilizada para rega, recreio e consumo humano. Assim, a bacia hidrográfica do rio Lis, com especial destaque para a ribeira do Milagres que concentra cerca de 60% das suiniculturas da região, apresenta graves problemas de poluição, contaminando a água numa zona intermédia do percurso do rio Lis e em quase toda a extensão do percurso do seu principal afluente, rio Lena, colocando em risco toda a vida aquática e tornando as águas impróprias para os seus principais usos na região, rega e recreio. Estas alterações propagam-se até à foz do rio, na praia da Vieira de Leiria, que em muitos períodos tornam a praia imprópria para banhos, colocando em risco a saúde pública.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. *Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Lis* do Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território, Instituto da Água, **2001**;
2. Bicudo José R., Ivo, F Suabota et Jones, Adrian, "Dejections animales - un bref aperçu de la situation au Portugal", **1996**. Dejection animales en Europe, Ingenieries-EAT; pag 89-99.
3. Bicudo José R., Ivo, F Suabota et Jones, Adrian, "Toxicidade dos efluentes suinícolas no meio ambiente" **1994**.
4. *Agricultural Waste Management Field Handbook*, **1992**, United States Department of Agriculture, chapter 3, **3-1-3-24**.