

Modelagem matemática para determinação simplificada da qualidade de efluentes hídricos

MFN -0784

N CHAMADA:

TITULO: Modelagem matemática para determinação simplificada da qualidade de efluentes hídricos

AUTOR(ES): HERRERA, J.RATNIEKS, E.LUZ, L.A.R.

EDICAO:

IDIOMA: português

ASSUNTO:

TIPO: Congresso

EVENTO: Congresso Anual da ABCP, 15

PROMOTOR: ABTCP

CIDADE: São Paulo

DATA: 22-26.11.1982

IMPRESSÃO: Sao Paulo, 1982, ABTCP

PAG/VOLUME: p.625-639, v.2

FONTE: Congresso Anual da ABCP, 15, 1982, São Paulo, v.2, p.625-639

AUTOR ENTIDADE:

DESCRIPTOR: modelos matemáticos

RESUMO:

MODELAGEM MATEMÁTICA PARA DETERMINAÇÃO
SIMPLIFICADA DA QUALIDADE DE EFLUENTES HÍDRICOS

Herrera, J.
Ratnieks, E.
Silva, J.B. da
Luz, L.A.R. da



RIOCELL - Rio Grande Cia. de Celulose do Sul, Guaíba, Brasil

0. Introdução

O processo kraft de produção de celulose é largamente difundido nos dias atuais. Entretanto, este processo apresenta uma séria restrição, que atualmente tem-se tornado objeto de preocupação: causa alterações ambientais capazes de serem percebidas na natureza, mesmo em baixos níveis.

Partindo-se do pressuposto de que é desejável conviver com o polpeamento kraft, pelas vantagens que ele apresenta, existe hoje uma espécie de corrida para o encontro de soluções que permitam utilizá-lo sem causar danos sensíveis ao meio ambiente. Como consequência, há necessidade, muitas vezes premente de se instalar equipamentos e manejar técnicas que minimizem os teores poluentes de uma fábrica de celulose kraft. Para tanto, é necessário que se estabeleça uma unidade de controle ambiental, órgão interno e encarregado do mapeamento, operação e responsabilidade quanto às diretrizes de descarga de efluentes industriais, obedecendo às normas prescritas por órgãos locais ou federais de legislação e fiscalização ambiental.

A crescente complexidade de parâmetros legislados a serem controlados, exige que sejam feitos altos investimentos em equipamentos anti-poluição e laboratórios de controle sofisticados. Um bom laboratório de controle ambiental deve operar durante todo o período em que a unidade fabril esteja em funcionamento, no caso da indústria kraft, durante 24 horas diárias ininterruptas. Realiza-se neste, ensaios e análises que exigem pessoal especializado, demandando aparelhos e material científico de alta precisão.

O investimento na instalação e manutenção adequada de equipamentos anti-poluição e controle contínuo dos efluentes por um setor de controle, muitas vezes não pode ser dispendido por uma fábrica. Surge daí um impasse, onde a legislação ambiental vigente exige um controle rígido, a indústria deve cumprir para que possa continuar suas atividades, mas o investimento é alto.

Trabalho apresentado no XV Congresso Anual da ABCP - Semana do Papel - em São Paulo - Brasil - de 22 a 26 de novembro de 1982.

O objetivo deste trabalho é justamente o aperfeiçoamento das análises realizadas no controle dos parâmetros dos efluentes em fábricas de celulose, exigindo apenas análises-chave que delineariam, por extrapolação segura de dados, as características gerais dos efluentes hídricos.

A experiência da RIOCELL - Rio Grande Cia. de Celulose do Sul, através de seu Departamento de Controle Ambiental, atuando na rotina de controle ambiental e realizando pesquisas aplicadas, permitiu desenvolver a aplicação de modelagem matemática para o controle de efluentes hídricos. Partindo-se da premissa que o efluente final de uma indústria de celulose tem sempre presente em sua composição certos elementos e substâncias características que podem ser facilmente mensuradas, procurou-se estabelecer suas interrelações com outras características do efluente final. O objetivo de correlação entre dados de análise visa estabelecer um pequeno grupo de análises passíveis de gerar uma idéia mais aproximada do efluente hídrico como um todo sem ser necessária sua quantificação analítica constante, mas sim casual, diminuída ou emergencial.

É lógico que o sucesso na obtenção de correlações matemáticas para a caracterização de efluentes hídricos depende de cada caso particular, sendo importante conhecer-se as sequências operacionais do processo fabril global e suas interrelações com as variações na qualidade dos efluentes.

A instauração de uma metodologia de controle ambiental que tem como ferramenta auxiliar a modelagem matemática de parâmetros de controle, obviamente traz benefícios traduzidos em menores investimentos na implantação e manutenção de sistemas para tal fim, podendo os estudos de viabilidade e requisitos mínimos para a implantação serem realizados por terceiros.

1. Desenvolvimento

Para a realização deste trabalho, procedeu-se primeiramente a uma avaliação dos parâmetros disponíveis, realizados com certa frequência em laboratório, sua representatividade na caracterização de carga poluente e possível interação matemática com outros parâmetros. Desta forma, selecionaram-se 13 parâmetros. Estes estão relacionados nos Quadros I a VII. Seguindo esta orientação, realizou-se a etapa de coleta de dados referentes aos parâmetros selecionados. Quando da coleta de dados, procurou-se que estes fossem representativos de condições normais de operação da indústria. Os valores, que apresentaram variações acentuadas e verificadas anormalidades na operação do processo industrial, foram descartados por conferir características diversas da condição normal de operação. Esta orientação foi seguida com o objetivo de evitar conclusões errôneas acerca da relação entre parâmetros. Obtiveram-se 104 dados por variável (parâmetros), perfazendo um total de 1352 dados. Com o auxílio de computador, desenvolveram-se as seguintes correlações:

- a - Correlação linear simples com pares de parâmetros.

As variáveis foram correlacionadas 2 a 2 de modo a obter-se qualquer variável correlacionada com as outras

12 restantes (Quadros II e III).

b - Correlação linear múltipla a duas variáveis independentes

Para o desenvolvimento deste estudo, procedeu-se à seleção de algumas variáveis consideradas de maior representatividade do grau de poluição (Quadros IV a VII). A estas realizou-se a correlação múltipla com todas as demais variáveis. Optou-se também por esta orientação, em virtude do maior grau de dificuldade para as suas obtenções analíticas.

2. Dados obtidos

Neste ítem relacionaram-se os valores de coeficientes obtidos das várias correlações. No quadro II estão expressos os valores de coeficientes lineares para pares de variáveis significativas ao nível de 1% de probabilidade. Neste quadro, o número de correlações significativas mostrou-se bastante elevado, o que pode ser constatado pelo grande número de coeficientes significativos. Este fato motivou a restrição da significância de 1% ao nível de 0,1%, conforme pode servir de exemplo no Quadro III. Os demais Quadros, de IV à VII, representam os valores de coeficientes de correlações lineares a 2 variáveis. Quando da expressão destes quadros, discriminou-se no cabeçalho a variável em pesquisa. Ao final de cada quadro encontra-se especificado o nível de significância dos respectivos coeficientes de correlação, bem como o limite de aceitação do mesmo. Em todos os quadros que expressam as correlações simples ou múltiplas realizadas, relataram-se somente os coeficientes que têm representatividade, de acordo com as condições de significância citadas nos mesmos.

Quadro I: Dados de Medida de Tendência Central e Dispersão dos Parâmetros Pesquisados

Parâmetros	DBO ₅	Sólidos voláteis	Sólidos decant.	Sólidos suspensos	Sólidos totais	Sódio	Condutividade	pH	Turbidez	Cor real	Cor aparente	DQO padrão	DQO KMnO ₄
Medidas	mgO ₂ /ℓ	mg/ℓ	mℓ/ℓ	mg/ℓ	mg/ℓ	mg/ℓ	μs.cm ⁻¹	pH	NTU	mg PtCo/ℓ	mg PtCo/ℓ	mgO ₂ /ℓ	mgO ₂ /ℓ
Média	283,29	358,59	25,21	272,58	474,59	17,39	144,72	7,97	55,24	424,73	1295,87	611,92	59,5
Desvio Padrão	149,92	121,52	11,08	143,28	151,00	6,74	35,40	0,80	23,84	233,20	465,53	214,86	17,0
Coefficiente de Variação	52,92	33,89	43,96	52,56	31,82	38,74	24,46	10,08	43,16	54,90	35,92	35,11	28,5

3. Discussão dos resultados

Ao se discutirem os dados dos vários quadros, procurar-se-á desenvolver somente as correlações que apresentam elevada significância a luz dos dados de coeficientes de correlação e/ou por sua representatividade e facilidade de obtenção imediata de resultados laboratoriais.

3.1. Correlações lineares simples entre pares de variáveis

Podemos constatar perfeitamente que os Quadros II e III, embora sujeitos a condições diversas quanto ao limite de representatividade dos coeficientes de correlações ($R = 1\%$ e $0,1\%$), apresentam uma constância de parâmetros, o que se justifica pelos regulares valores de coeficientes obtidos. Observa-se com maior interesse que alguns parâmetros cumprem perfeitamente o objetivo deste estudo, ou seja: são de obtenção laboratorial imediata e fácil realização. Os parâmetros D.Q.O padrão, sódio, condutividade e sólidos decantáveis encontram-se presentes, abrangendo a quase totalidade das correlações realizadas. A seguir, são apresentadas as equações respectivas dos parâmetros citados acima, bem como aqueles que apresentam elevadas correlações. Podemos perceber que as equações estão estabelecidas de forma a obterem-se parâmetros de maior dificuldade de realização em função de outros de mais fácil exeqüibilidade.

$$\begin{aligned} \text{A. } \text{DBO}_5 &= f(\text{DQO padrão}) \\ \text{DBO}_5 &= -39,0863 + 0,526823 (\text{DQO padrão}) \\ R &= +0,76 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{B. } \text{DQO padrão} &= f(\text{DQO KMnO}_4) \\ \text{DQO padrão} &= 65,7316 + 9,1722 (\text{DQO KMnO}_4) \\ R &= +0,73 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{C. } \text{Cor Real} &= f(\text{Sódio}) \\ \text{Cor Real} &= -646,7555 + 61,6328 (\text{Sódio}) \\ R &= +0,56 \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{D. } \text{DQO KMnO}_4 &= f(\text{Sódio}) \\ \text{DQO KMnO}_4 &= -21,4293 + 4,6579 (\text{Sódio}) \\ R &= +0,54 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{E. } \text{Cor Real} &= f(\text{DQO KMnO}_4) \\ \text{Cor Real} &= 15,6599 + 6,8696 (\text{DQO KMnO}_4) \\ R &= +0,50 \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{F. } \text{Sólidos Voláteis (SV)} &= f(\text{Sólidos Decantáveis, SD}) \\ \text{SV} &= 172,4656 + 7,3823 (\text{SD}) \\ R &= +0,67 \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \text{G. } \text{Sólidos Voláteis (SV)} &= f(\text{Sólidos Suspensos, SS}) \\ \text{SV} &= 238,9963 + 0,438739 (\text{SS}) \\ R &= +0,52 \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \text{H. } \text{Sólidos Voláteis (SV)} &= f(\text{Sólidos Totais, ST}) \\ \text{SV} &= 162,5764 + 0,413012 (\text{ST}) \\ R &= +0,51 \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \text{I. Sólidos Suspensos (SS)} &= f(\text{Sólidos Decantáveis, SD}) \\ \text{SS} &= -342,2826 + 24,3875 (\text{SD}) & (9) \\ \text{R} &= +0,53 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{J. Sódio} &= f(\text{Condutividade}) \\ \text{Sódio} &= -2,6814 + 0,138653 (\text{Condutividade}) & (10) \\ \text{R} &= +0,73 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{L. Sólidos Totais (ST)} &= f(\text{Sólidos Suspensos, SS}) \\ \text{ST} &= 151,3734 + 1,1857 \text{ SS} & (11) \\ \text{R} &= +0,89 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{M. DQO Padrão} &= f(\text{Sódio}) \\ \text{DQO padrão} &= -638,0796 + 71,9009 (\text{Sódio}) & (12) \\ \text{R} &= + 0,44 \end{aligned}$$

3.2. Correlações lineares múltiplas a duas variáveis

Objetivando uma melhor interrelação entre variáveis, com conseqüente aumento de R, procedeu-se à correlação a duas variáveis. Este procedimento permite a ponderação simultânea da influência de duas variáveis em relação a um parâmetro selecionado. Os coeficientes significativos destas correlações estão expressas nos Quadros IV a VII. Cada quadro propõe-se a mostrar o grau de relacionamento de uma única variável (parâmetro) com duas a duas das demais variáveis estudadas. Procurar-se-á discutir individualmente cada quadro, enfatizando as correlações que apresentam incremento do coeficiente de correlação comparado às correlações simples.

3.2.1. Pesquisa para a determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio através de correlação linear a duas variáveis

Observando os valores do Quadro IV, verifica-se que, embora com a aplicação da correlação linear a duas variáveis, os resultados de coeficientes de correlação linear apresentam pequenas variações àqueles encontrados nas correlações simples.

No quadro IV verifica-se que todos os pares de variáveis que envolvem o parâmetro DQO padrão apresentam valores elevados de coeficientes de correlação, sendo que estes são próximos ao valor encontrado na correlação linear simples. Este fato atesta a pequena influência de outras variáveis. O mesmo fato acontece com as demais correlações, a exceção daquelas cujas equações estão expressas neste item.

A seguir, relatam-se algumas equações cujos coeficientes de correlação apresentaram valores elevados e que evidenciam a influência simultânea das variáveis na correlação.

$$\begin{aligned} \text{A. DBO}_5 &= f(\text{DQO KMnO}_4, \text{ Sólidos Totais ST}) \\ \text{DBO}_5 &= -64,4143 + 0,255121 (\text{ST}) + 3,8057 \text{ DQO KMnO}_4 & (13) \\ \text{R} &= +0,50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{B. DBO}_5 &= f(\text{DQO KMnO}_4, \text{ Sólidos Decantáveis SD}) \\ \text{DBO}_5 &= -48,9731 + 4,6714 (\text{SD}) + 3,6018 \text{ DQO KMnO}_4 & (14) \\ \text{R} &= +0,55 \end{aligned}$$

$$\text{C. DBO}_5 = f(\text{Sódio, Sólidos Voláteis SV})$$

$$\text{DBO}_5 = 63,2350 + 0,268875 (\text{SV}) + 7,1117 (\text{Sódio}) \quad (15)$$

$$R = +0,40$$

3.2.2. Pesquisa para determinar a Demanda Química de Oxigênio em efluentes hídricos através de Correlação Linear a duas (2) variáveis

Os valores de coeficiente de correlação referentes a esta variável encontram-se discriminados no quadro V. Pelas mesmas razões expostas na discussão de DBO_5 , não citaremos as correlações que, embora apresentem valores de coeficientes elevados, guardam proximidade aqueles obtidos nas correlações lineares simples. Dentre as correlações, relatar-se-ão somente aquelas que apresentem concordância com os objetivos deste estudo. A seguir, estão expostas as equações que apresentaram maior incremento de R em relação a correlação linear simples.

A. DQO padrão = f(DBO₅, DQO KMnO₄)
 DQO padrão = 21,3697 + 0,778417 (DBO₅) + 6,2140 (DQO KMnO₄)
 R = +0,88 (16)

B. DQO padrão = f(Sólidos Decantáveis SD, DQO KMnO₄)
 DQO padrão = -89,0140 + 6,8221 (SD) + 8,8825 (DQO KMnO₄)
 R = +0,81 (17)

C. DQO padrão = f(Sólidos Voláteis SV, Condutividade)
 DQO padrão = 103,7211 + 0,631007 (SV) + 1,9480 (Condutividade)
 R = +0,50 (18)

D. DQO padrão = f(Sólidos Voláteis SV, Sódio)
 DQO padrão = 158,2922 + 0,621016 (SV) + 13,2840 (Sódio)
 R = +0,57 (19)

E. DQO padrão = f(Sólidos Decantáveis SD, Sódio)
 DQO padrão = 176,8806 + 7,6030 (SD) + 13,9982 (Sódio) (20)
 R = +0,59

F. DQO padrão = f(Sólidos Decantáveis SD, Condutividade)
 DQO padrão = 71,6171 + 8,2099 (SD) + 2,3031 (Condutividade)
 R = +0,55 (21)

3.2.3. Pesquisa para determinar a Cor Real de efluentes hídricos através de correlações lineares a duas (2) variáveis

No quadro VI encontram-se discriminados os coeficientes de correlações obtidos para a determinação deste parâmetro. Da mesma forma que o procedimento anterior, procurar-se-á relatar somente aquelas correlações que vão de encontro aos objetivos propostos. Seguem algumas equações cujas correlações de parâmetros mostram-se expressivas quando da comparação com valores obtidos em correlações lineares simples.

A. Cor Real = f(Cor Aparente CA, DQO KMnO₄)
 Cor Real = -155,3874 + 0,178288 (CA) + 5,8621 (DQO KMnO₄)
 R = +0,61 (22)

B. Cor Real = f(Cor Aparente CA, DQO padrão)
 Cor Real = -62,0642 + 0,192002 (CA) + 0,388916 (DQO padrão)

$$R = +0,57 \quad (23)$$

$$\begin{aligned} \text{C. Cor Real} &= f(\text{DBO}_5, \text{Cor Aparente CA}) \\ \text{Cor Real} &= 47,9146 + 0,388863 (\text{DBO}_5) + 0,2055774 (\text{CA}) \quad (24) \\ R &= +0,51 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{D. Cor Real} &= f(\text{Sólidos Suspensos SS, Cor Aparente CA}) \\ \text{Cor Real} &= 184,5775 - 0,559782 (\text{SS}) + 0,303069 (\text{CA}) \quad (25) \\ R &= +0,54 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{E. Cor Real} &= f(\text{Sódio, Cor Aparente CA}) \\ \text{Cor Real} &= -29,0996 + 15,9333 (\text{Sódio}) + 0,136461 (\text{CA}) \quad (26) \\ R &= +0,62 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{F. Cor Real} &= f(\text{Sódio, DQO KMnO}_4) \\ \text{Cor Real} &= -49,8359 + 14,2365 (\text{Sódio}) - 3,8132 (\text{DQO KMnO}_4) \quad (27) \\ R &= +0,61 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{G. Cor Real} &= f(\text{DBO}_5, \text{Condutividade}) \\ \text{Cor Real} &= 41,3105 + 0,3719 (\text{DBO}_5) + 1,9213 (\text{Condutividade}) \quad (28) \\ R &= +0,42 \end{aligned}$$

3.2.4. Pesquisa para determinar a Cor Aparente de efluentes hídricos através de Correlações Lineares a duas (2) variáveis

O quadro VII ilustra os valores de coeficientes de correlações obtidas quando da apreciação do parâmetro em questão. As diretrizes anteriormente citadas foram obedecidas, sendo apresentadas algumas equações de maior expressividade, como segue:

$$\begin{aligned} \text{A. Cor Aparente} &= f(\text{Condutividade, Turbidez}) \\ \text{Cor Aparente} &= -106,8803 + 6,8719 (\text{Condutividade}) + 7,3899 (\text{Turbidez}) \quad (29) \\ R &= +0,55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{B. Cor Aparente} &= f(\text{Sólidos Totais ST, Cor Real CR}) \\ \text{Cor Aparente} &= 291,9365 + 1,3700 (\text{ST}) + 0,832892 (\text{CR}) \quad (30) \\ R &= +0,63 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{C. Cor Aparente} &= f(\text{Sólidos Totais ST, Sódio}) \\ \text{Cor Aparente} &= 323,5717 + 1,2872 (\text{ST}) + 20,7882 (\text{Sódio}) \quad (31) \\ R &= +0,56 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{D. Cor Aparente} &= f(\text{Sólidos Suspensos SS, Cor Real CR}) \\ \text{Cor Aparente} &= 453,7417 + 1,6140 (\text{SS}) + 0,9468 (\text{CR}) \quad (32) \\ R &= +0,67 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{E. Cor Aparente} &= f(\text{Sólidos Suspensos SS, pH}) \\ \text{Cor Aparente} &= -260,7113 + 1,4262 (\text{SS}) + 146,5930 (\text{pH}) \quad (33) \\ R &= +0,53 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{F. Cor Aparente} &= f(\text{Sólidos Suspensos SS, Condutividade}) \\ \text{Cor Aparente} &= 407,9664 + 1,2028 (\text{SS}) + 3,8697 (\text{Condutividade}) \quad (34) \\ R &= +0,54 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G. \text{ Cor Aparente} &= f(\text{Sólidos Suspensos SS, Sódio}) \\ \text{Cor Aparente} &= 523,1551 + 1,4024 (\text{SS}) + 22,4592 (\text{Sódio}) \\ R &= +0,57 \end{aligned} \quad (35)$$

4. Conclusão

As equações obtidas nas diversas análises de correlação mostram que se pode tanto partir de parâmetros simples para a obtenção de mais complexos, como utilizar parâmetros variados para estimar outros. A medida que se estabelecem correlações lineares múltiplas, os coeficientes de correlação melhoram, mas também necessita-se o uso de análises mais refinadas.

Citando-se o fator aplicabilidade das equações, pode-se mencionar:

a. Estudos imediatos - com base em poucos dados de análise, pode-se traçar rapidamente o perfil geral do efluente hídrico, com as devidas margens de segurança, de modo a aplicá-los em situações que exijam rapidez de decisões;

b. Estudos globais - utilização das equações para a valiação global de conjuntos de dados e verificação das oscilações nas características dos efluentes, visto que se obtém matematicamente os seus comportamentos médios e limites de variação permissíveis ou normais.

c. Estudos de simplificação - frente às correlações obtidas, é possível a otimização de um sistema de controle ambiental, pela intensificação da realização de análises simples, tais como condutividade, pH e DQO padrão p.e., pois as mesmas indiretamente podem refletir valores estimados de determinações analíticas mais complexas.

Quadro II - Avaliação da qualidade de efluentes hídricos
 Coeficientes de correlações lineares simples entre pares de variáveis

x \ y	DBO ₅	Sólidos voláteis	Sólidos decant.	Sólidos suspens	Sólidos totais	Sódio	Condutividade	pH	Turbidez	Cor real	Cor aparente	DQO padrão
DQO KMnO ₄	0,43	-.-	-.-	-.-	-.-	0,54	0,39	0,27	- 0,31	0,50	-.-	0,73
DQO padrão	0,76	0,38	0,40	-.-	-.-	0,47	0,35	-.-	-.-	0,42	-.-	
Cor aparente	-.-	0,25	-.-	0,47	0,47	0,37	0,42	0,30	-.-	0,44		
Cor real	0,30	-.-	-.-	-.-	-.-	0,56	0,35	0,27	-.-			
Turbidez	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-	- 0,37	- 0,28	-0,25				
pH	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-	0,58	0,56					
Condutividade	-.-	-.-	-.-	0,33	0,39	0,73						
Sódio	0,34	-.-	-.-	-.-	-.-							
Sólidos totais	0,26	0,51	0,41	0,89								
Sólidos suspensos	-.-	0,52	0,53									
Sólidos decant.	0,37	0,67										
Sólidos voláteis	-.-											

$R_{0,01} > + 0,25$
 $R_{0,01} < - 0,25$
 $Y = A + BX$

Quadro III - Avaliação da qualidade de efluentes hídricos
 Coeficientes de correlações lineares simples entre pares de variáveis

x \ y	DBO ₅	Sólidos voláteis	Sólidos decant.	Sólidos suspens.	Sólidos totais	Sódio	Condutividade	pH	Turbidez	Cor real	Cor aparente	DQO padrão
DQO KMnO ₄	0,43	-.-	-.-	-.-	-.-	0,54	0,39	-.-	-.-	0,50	-.-	0,73
DQO padrão	0,76	0,38	0,40	-.-	-.-	0,44	0,35	-.-	-.-	0,42	-.-	
Cor aparente	-.-	-.-	-.-	0,47	0,47	0,37	0,42	-.-	-.-	0,44		
Cor real	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-	0,56	0,35	-.-	-.-			
Turbidez	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-	-0,37	-.-	-.-				
pH	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-	0,58	0,56					
Condutividade	-.-	-.-	-.-	0,33	0,39	0,73						
Sódio	0,34	-.-	-.-	-.-	-.-							
Sólidos totais	-.-	0,51	0,41	0,89								
Sólidos suspensos	-.-	0,52	0,53									
Sólidos decant.	0,37	0,67										
Sólidos voláteis	-.-											

$R_{0,001}$ $R > + 0,32$
 $R < - 0,32$
 $Y = A + BX$

Quadro IV - Avaliação da qualidade de efluentes hídricos
 Coeficientes de correlações lineares múltiplas a duas variáveis
 Parâmetro pesquisado: DBO_5

Variáveis X 1 2	Sólidos Voláteis	Sólidos Decantav	Sólidos Suspensos	Sólidos Totais	Sódio	Condu- tividade	pH	Turbidez	Cor real	Cor aparente	DQO padrão
DQO $KMnO_4$	0,47	0,55	0,48	0,50	0,45	0,44	0,43	0,43	0,44	0,43	0,77
DQO padrão	0,76	0,76	0,76	0,77	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	
Cor aparente	-.-	0,38	-.-	-.-	0,34	-.-	-.-	-.-	0,30		
Cor real	0,37	0,45	0,37	0,39	0,36	0,33	0,32	0,32			
Turbidez	-.-	0,39	-.-	-.-	0,34	-.-	-.-				
pH	-.-	0,44	-.-	-.-	0,34	-.-					
Conduktividades	0,32	0,45	-.-	-.-	0,34						
Sódio	0,40	0,50	0,37	0,39							
Sólidos tot.	-.-	0,39	-.-								
Sólidos susp.	-.-	0,37									
Sólidos dec.	0,37										

$R_{0,01} > + 0,30$
 $R_{0,01} < - 0,30$
 $Y = a + x_1A_1 + x_2B_2$

Quadro V - Avaliação da qualidade de efluentes hídricos

Coefficientes de correlações lineares múltiplas a duas variáveis

Parâmetro pesquisado: DQO PADRÃO

Variáveis X 2 \ 1	DBO	Sólidos voláteis	Sólidos decant.	Sólidos suspensos	Sólidos totais	Sódio	Condutividade	pH	Turbidez	Cor real	Cor aparente
	DQO $KMnO_4$	0,88	0,78	0,81	0,75	0,74	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
Cor aparente	0,76	0,39	0,41	-.-	-.-	0,44	0,35	-.-	0,33	0,42	
Cor real	0,78	0,54	0,55	0,45	0,44	0,49	0,48	0,44	0,47		
Turbidez	0,77	0,46	0,46	-.-	-.-	0,45	0,38	-.-			
pH	0,76	0,45	0,50	-.-	-.-	0,44	0,35				
Condutividade	0,78	0,50	0,55	0,35	0,35	0,45					
Sódio	0,78	0,57	0,59	-.-	0,45						
Sólidos tot.	0,76	0,39	0,40	-.-							
Sól. suspens.	0,76	0,39	0,41								
Sól. decant.	0,77	0,43									
Sól. voláteis	0,78										

$R > + 0,30$

$R_{0,01}$

$R < - 0,30$

$$Y = a + x_1A_1 + x_2B_2$$

Quadro VI - Avaliação da qualidade de efluentes hídricos
 Coeficientes de correlações lineares múltiplas a duas variáveis
 Parâmetro pesquisado: COR REAL

Variáveis X 2 \ 1	DBO ₅	Sólidos voláteis	Sólidos decantav.	Sólidos suspensos	Sólidos totais	Sódio	Condutividade	pH	Turbidez	Cor aparente	DQD padrão
	DQD KMnO ₄	0,51	0,50	0,51	0,50	0,51	0,61	0,53	0,52	0,51	0,61
DQD padrão	0,42	0,43	0,43	0,44	0,42	0,59	0,48	0,46	0,42	0,57	
Cor aparente	0,51	0,44	0,45	0,54	0,47	0,62	0,48	0,47	0,49		
Turbidez	0,31	--	--	--	--	0,58	0,35	--			
pH	0,38	--	0,32	--	--	0,57	0,36				
Condutividade	0,42	0,36	0,37	0,39	0,35	0,57					
Sódio	0,58	0,57	0,57	0,58	0,56						
Sól. totais	0,31	--	--	--							
Sól. suspensos	0,33	--	--								
Sól. decantav.	0,30	--									
Sól. voláteis	0,31										

R > + 0,30

R_{0,01} R < - 0,30

$$Y = a + x_1A_1 + x_2B_2$$

Quadro VII - Avaliação da qualidade de efluentes hídricos
 Coeficientes de correlações lineares múltiplas a duas variáveis
 Parâmetro pesquisado: COR APARENTE

Variáveis X		DBO ₅	Sólidos voláteis	Sólidos decantav.	Sólidos suspensos	Sólidos totais	Sódio	Condutividade	pH	Turbidez	Cor real	DQD padrão
2	1											
DQD KMnO ₄	-. -	0,31	-. -	0,53	0,51	0,37	0,42	0,33	0,37	0,44	-. -	
DQD Padrão	-. -	-. -	-. -	0,48	0,48	0,37	0,42	0,32	0,33	0,44		
Cor real	0,44	0,49	0,47	0,67	0,63	0,47	0,53	0,48	0,52			
Turbidez	-. -	0,34	0,31	0,53	0,52	0,55	0,55	0,44				
pH	0,31	0,40	0,39	0,53	0,52	0,39	0,43					
Condutividade	0,42	0,47	0,47	0,54	0,53	0,43						
Sódio	0,37	0,44	0,42	0,57	0,56							
Sól. totais	0,47	0,47	0,47	0,48								
Sól. suspensos	0,47	0,47	0,47									

R > + 0,30
 R_{0,01}
 R < - 0,30
 $Y = a + x_1A_1 + x_2B_2$