

**João Marcelo do Nascimento Barbosa**

**“Estudo do comportamento da DBO em suporte aeróbio de oxigênio puro”.  
Coeficientes cinéticos e Fatores de correlação”**

**Dissertação de Mestrado apresentada ao  
programa de pós-graduação em Saúde Pública da  
Escola Nacional de Saúde Pública, Fiocruz, como  
requisito parcial à obtenção do título de Mestre  
em Saúde Pública. Área de Concentração:  
Saneamento Ambiental**

**Orientador: Professor Doutor Dalton Marcondes Silva  
Orientador: Professor Doutor Odir Clécio da Cruz Roque**

**FIOCRUZ/ENSP/DSSA  
Rio de Janeiro  
Abril de 2003**

*Dedico aos meus pais  
Moysés e Teresa, e a  
Elaine e Maria luisa*

Em primeiro lugar, agradeço ao meu orientador, o Professor Doutor Dalton Marcondes Silva., que com seus profundos conhecimentos na área de estatística, cinética química e biodegradação, norteou de forma decisiva este trabalho. Sua dedicação, a atenção dispensada aos seus orientados e sua determinação para o trabalho constitui um exemplo que procurarei seguir durante toda a minha vida.

Agradeço ao meu segundo orientador, Professor Doutor Odir Clécio da Cruz Roque, pelos grandes incentivos, e valiosas contribuições dados às idéias e resultados apresentados nesta dissertação.

Sou grato ao apoio da indústria química Herga, na pessoa de seus diretores Dra. Celma Bueno e Dr. Celso Bueno, não só pelo apoio logístico, como pelo incentivo e cooperação incansáveis. Reconhecendo com alegria a dívida de gratidão, que tenho com as analistas químicas Mauriete e Eliete, que foram incansáveis na realização das incontáveis análises de DBO.

Agradeço ao Departamento Saneamento e Saúde Ambiental, a Escola Nacional de Saúde Pública e a Fiocruz, pela oportunidade de fazer o curso de Mestrado.

Por fim, agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro.

"A mente que se abre a uma  
nova idéia jamais voltará ao  
seu tamanho original"  
*(Albert Einstein)*

"Viva como se fosse morrer  
amanhã. Aprenda como se fosse  
viver para sempre".*(Mahatma  
Gandhi)*

## ABSTRACT

Oxygen Activated Sludge, a variant of the activated sludge employing pure oxygen, has been used in a growing frequency for the treatment of industrial wastewater, and, recently, municipal wastewater. In designing this wastewater treatment process a BOD that uses pure oxygen has been employed. This modified BOD is more accurate for the estimate of the organic matter removal efficiency. In spite of the great importance of this modified BOD there is no literary references about its kinetic.

In this work it was studied the difference between the kinetic coefficients and the degree of efficiency in biodegradable organic matter removal, of a system that utilizes for the analysis of BOD a traditional aerobic support (BODt), and of another system that utilizes pure oxygen as an aerobic support (BODm).

The operational methodology of this research was based on the realization of analysis for evaluation of the behaviour of BOD, when in the midst of atmospheric air or of pure oxygen through the incubation for five days at 20°C and with the reading of dissolved oxygen, daily done, by the Winkler method.

The results of the analysis demonstrated a significant difference between the values of BODt and BODm. It could be observed a factor of correlation of the rate BODm/BODt of  $1,523 \pm 0,103$ , showing an enlarge in efficiency of about 50% of organic matter by the use of high-purity oxygen in trial conditions.

Through these obtained results, it was calculated the kinetic coefficients (K) associated with the removal of BOD, as much traditional (BODt) as modified (BODm). The values of K were similar between the techniques of BOD; by Thomas method, it was obtained  $K_m = 0,234 \pm 0,066 \text{ d}^{-1}$  e  $K_t = 0,205 \pm 0,045 \text{ d}^{-1}$ ; and by Linear Regression method it was obtained  $K_m = 0,287 \pm 0,027 \text{ d}^{-1}$  e  $K_t = 0,298 \pm 0,019 \text{ d}^{-1}$ . These results show that the choice of the first order kinetic is suitable to express the coefficient of biodegradation of BODm. And that the time variation of BODm is similar to that of BODt.

In order to be evaluate the difference between the two kinetic coefficients,  $K_m$  and  $K_t$ , it was established an equal initial point ( $L_0$ ) of the reaction for the two analytical techniques and it was expressed its final result of BOD as the final point of the reaction; with this device it was obtained the following results  $K_m = 0,358 \pm 0,026 \text{ d}^{-1}$

<sup>1</sup> e  $Kt = 0,275 \pm 0,016 \text{ d}^{-1}$ . These results demonstrate that in trial conditions, the use of pure oxygen shows a bigger organic matter degradation capacity, that is, it's more effective.

In addition to the technical aspects of the treatment systems with pure oxygen, investigations into the use of this technique in Brazil were carried out, and how the evolution of this usage happened in relation to the analysis period of the 80's and 90's. In order to do this studying, market-based, we carried out field research interviewing the marketing managers of the manufacturers of systems that utilizes the researched technique. As a result of this investigation, its showed in chapter three a consolidation, with qualitative character.

## RESUMO

Os sistemas de tratamento de esgotos por lodos ativados, utilizando como suporte aeróbio o oxigênio puro, vem sendo utilizados cada vez com maior frequência no tratamento de efluentes industriais e, recentemente, no tratamento de esgotos domésticos. No dimensionamento destes sistemas de tratamento tem sido utilizada uma DBO, que utiliza oxigênio puro como suporte aeróbio, que reflete de forma mais realista a eficiência destes sistemas na remoção da matéria orgânica biodegradável. Apesar da grande importância desta DBO modificada não há referências na literatura sobre a sua cinética.

Neste trabalho foi estudada a diferença entre os coeficientes cinéticos e os graus de eficiência na remoção da matéria orgânica biodegradável, de um sistema que utilize para análise de DBO um suporte aeróbio tradicional (DBOt), e de outro que utilize oxigênio puro como suporte aeróbio (DBOm).

A metodologia operacional desta pesquisa foi baseada na realização de análises para avaliação do comportamento da DBO, quando em meio de ar atmosférico ou em meio de oxigênio puro através da incubação por cinco dias a 20°C e com leitura de oxigênio dissolvido, realizada diariamente, pelo método Winkler.

Os resultados das análises demonstraram significativa diferença entre os valores da DBOt e da DBOm, foi obtido um fator de correlação da razão DBOm/DBOt de  $1,523 \pm 0,103$ , demonstrando um aumento da eficiência na remoção da matéria orgânica de cerca de 50%, pelo uso do oxigênio nas condições do ensaio.

Através destes resultados obtidos, foram calculados os coeficientes cinéticos (K) associados à redução da DBO; tanto tradicional (DBOt) quanto modificada (DBOm). Os valores de K' foram similares entre as técnicas de DBO: pelo método de Thomas se obteve  $K_m = 0,234 \pm 0,066 \text{ d}^{-1}$  e  $K_t = 0,205 \pm 0,045 \text{ d}^{-1}$  e pelo método de Regressão Linear se obteve  $K_m = 0,287 \pm 0,027 \text{ d}^{-1}$  e  $K_t = 0,298 \pm 0,019 \text{ d}^{-1}$ . Estes resultados mostram que a escolha da cinética de primeira ordem é adequada para expressar o coeficiente de biodegradação da DBOm e que a variação temporal da DBOm é semelhante a da DBOt.

Visando a avaliação da diferença entre os dois coeficientes cinéticos,  $K_m$  e  $K_t$ , foi estabelecido um ponto inicial ( $L_0$ ) da reação igual para as duas técnicas analíticas, através de um artifício matemático e foi adotado o resultado final da DBO como último ponto da curva cinética. Deste modo, foram obtidos os resultados:  $K_m = 0,358 \pm 0,026 \text{ d}^{-1}$  e  $K_t = 0,275 \pm 0,016 \text{ d}^{-1}$ .

Além dos aspectos técnicos dos sistemas de tratamento com oxigênio puro, descritos sucintamente neste trabalho, foi realizada uma investigação das aplicações destes sistemas no Brasil, com ênfase em sua evolução histórica entre as décadas de oitenta e noventa. Nesta pesquisa, de cunho mercadológico, da evolução histórica desta técnica de tratamento, foi realizada uma pesquisa de campo com entrevistas aos gerentes de marketing das empresas que fabricam sistemas de aeração com oxigênio puro para tratamento de efluentes. Como resultado desta investigação, é apresentado no capítulo três um consolidado de caráter qualitativo.



## Lista de Abreviaturas, Símbolos e Siglas

**DBO** – Demanda Bioquímica de Oxigênio  
**DBO<sub>5</sub>** – Demanda Bioquímica de Oxigênio obtida com cinco dias de incubação  
**DQO** – Demanda Química de Oxigênio  
**K'** - Constante de Oxidação do Material orgânico (base e)  
**K** - Constante de Oxidação do Material orgânico (base 10)  
**DBO tradicional** – DBO realizada com o uso de ar atmosférico  
**DBO modificad** – DBO realizada com o uso de oxigênio puro  
**DBOt** – o mesmo que DBO tradicional  
**DBOm** – o mesmo que DBO modificada  
**DBOti** – DBO tradicional num dado dia  
**DBOmi** – DBO modificada num dado dia  
**SSV** – Sólidos Suspensos Voláteis  
**CM** - Também denominado de Carga Mássica, Fator de Carga F/M e A/M.  
**Km** - Constante de Oxidação do Material orgânico (base e), pela DBOm  
**Kt** - Constante de Oxidação do Material orgânico (base e), pela DBOt  
**K ajustado** – Coeficiente de Oxidação Orgânico, ajustado pelo Lo da DBOt  
**Lo** – DBO teórica produzida ao zero dia de incubação  
**L** – DBO última  
**F/M** – O mesmo que CM  
**DBO Ln** – Logaritmo Neperiano do valor da DBO  
**CD** – Também conhecido por COD, coeficiente de determinação  
**t** – Tempo em dias de incubação  
**y** – Valor da DBO em mg/l  
**Ln mi** – Logaritmo Neperiano da DBOm no dia i  
**Ln ti** – Logaritmo Neperiano da DBOt no dia i  
**Km\*** - o mesmo que K' ajustado

## Sumário

<b>1 – Introdução.....</b>	<b>01</b>
<b>2- Objetivos.....</b>	<b>03</b>
<b>2.1 - -Objetivo Geral.....</b>	<b>03</b>
<b>2.2 – Objetivos Específicos.....</b>	<b>04</b>
<b>3 - Sistemas de Lodos Ativados – Histórico.....</b>	<b>04</b>
<b>3.1 - Generalidades do Sistema.....</b>	<b>04</b>
<b>3.2 - Sistema de Lodos Ativados em meio de O<sub>2</sub> puro.. ..</b>	<b>08</b>
<b>3.2.1 - Características do Sistema.....</b>	<b>09</b>
<b>3.2.2 - Análise das Vantagens e Desvantagens Operacionais.....</b>	<b>09</b>
<b>3.2.3 - -Economias Típicas do Sistema.....</b>	<b>10</b>
<b>3.3 – Tipos de Sistemas de Lodos Ativados em meio de oxigênio puro.....</b>	<b>11</b>
<b>3.3.1 – Sistema Mixflo.....</b>	<b>11</b>
<b>3.3.2 – Sistema Lindox.....</b>	<b>12</b>
<b>3.3.3 – Sistema Linpor.....</b>	<b>13</b>
<b>3.3.4 – Sistema Ventoxal.....</b>	<b>14</b>
<b>3.4 - -oxigênio puro em Lodos Ativados – Aspectos Mercadológicos.....</b>	<b>15</b>
<b>3.4.1 – Situação da tecnologia no Brasil – Histórico.....</b>	<b>15</b>
<b>3.4.2 – Situação da tecnologia no Brasil – Instalações.....</b>	<b>16</b>
<b>3.4.3 – Conclusões.....</b>	<b>16</b>
<b>3.4.3.1 – Resultados compreendidos entre o início da década de 80 até a primeira metade dos anos 90.....</b>	<b>17</b>
<b>3.4.3.2 – Resultados compreendidos entre a segunda metade da década de 90 até os dias atuais.....</b>	<b>18</b>
<b>3.4.4. – Dados de Projeto.....</b>	<b>19</b>
<b>4 – Demanda Bioquímica de Oxigênio – Histórico.....</b>	<b>21</b>
<b>4.1 – Demanda Bioquímica de oxigênio com suporte aeróbio em oxigênio puro (DBO modificada ou DBOm).....</b>	<b>22</b>
<b>4.2 – Método Winkler.....</b>	<b>22</b>
<b>4.3 – Métodos modernos de avaliação da DBO, Demanda Bioquímica de Oxigênio.....</b>	<b>26</b>
<b>4.3.1 – Método Manométrico.....</b>	<b>27</b>

4.3.2 – Análise por Biosensor.....	28
4.3.3 – Análise Potenciométrica.....	28
4.3.4. – Análise por variação de Luminescência.....	28
4.3.5 – Análise por HBOD.....	29
4.3.6 – Análise Piezelétrica.....	30
4.3.7 – Análise por Bioreatores.....	31
5 – Cinética de Biodegradação.....	32
5.1 – Cinética do ensaio da DBO.....	33
6 – Metodologia.....	36
6.1 – Pesquisa de Campo.....	36
6.1.1 – Localização da parte experimental.....	37
6.1.2 – Amostras.....	37
6.2.3 – Métodos e Materiais.....	39
6.2.3.1 – Regras para o ensaio inicial.....	41
6.2.4 – Resultados Preliminares.....	41
6.2.5 – Análise dos resultados preliminares.....	43
6.2.6 – Análise da Cinética da DBO em meio de oxigênio puro – Ensaio..	43
6.2.6.1 – Método de Regressão Linear.....	43
6.2.6.2 – Método de Thomas.....	45
7 – Resultados ajustados a cinco de dias de análise.....	46
7.1.- Resultados gerais.....	47
7.2 – Cálculo do coeficiente cinético (K')- Método de Thomas.....	50
7.2.1 – Método de Thomas para DBOm.....	50
7.2.2 – Método de Thomas para DBOt.....	52
7.3 – Cálculo do Coeficiente Cinético – Regressão Linear .....	53
7.3.1 - Método de Regressão Linear para DBOm.....	53
7.3.2 – Método de Regressão Linear para DBOt.....	55
7.4 – Cálculo do coeficiente cinético ajustado (Km*) – Método de regressão linear.....	56
7.5 – Fatores de Correlação entre DQO, DBOm e DBOt.....	58
7.6 - Resultados Consolidados.....	60
7.6.1 Resultados Consolidados – Coeficientes Cinéticos.....	60
7.6.1.1 – Coeficientes Cinéticos – DBOm.....	60
7.6.1.2 – Coeficientes Cinéticos – DBOm.....	61

<b>7.6.2 Coeficientes Cinéticos – Km e Kt ajustados.....</b>	<b>61</b>
<b>7.6.3. – Fatores de Correlação.....</b>	<b>62</b>
<b>7.6.4 - Agrupados por Tipo de Efluente.....</b>	<b>63</b>
<b>7.6.5 – Agrupados por Faixa de oxigênio dissolvido.....</b>	<b>63</b>
<b>8 - Análise dos Resultados.....</b>	<b>64</b>
<b>9 – Conclusão.....</b>	<b>65</b>
<b>10 – Recomendações.....</b>	<b>66</b>
<b>Referências Bibliográficas</b>	

## Lista de Figuras

- Figura 01 – Sistema de Lodos Ativados**
- Figura 02 – Sistema Mixflo**
- Figura 03 – Sistema Lindox**
- Figura 04 – Sistema Linpor**
- Figura 05 – Sistema Ventoxal**
- Figura 06 – Primeira Etapa do ensaio de Winkler**
- Figura 07 – Segunda Etapa do ensaio de Winkler**
- Figura 08 – Terceira Etapa do ensaio de Winkler**
- Figura 09 – Quarta Etapa do ensaio de Winkler**
- Figura 10 – Quinta Etapa do ensaio de Winkler**
- Figura 11 – Sexta Etapa do ensaio de Winkler**
- Figura 12 – Sétima Etapa do ensaio de Winkler**
- Figura 13 – Aparelho para ensaio Manométrico**
- Figura 14 – Aparelho para ensaio Potenciométrico**
- Figura 15 – Aparelho para ensaio por Luminescência**
- Figura 16 – Aparelho para ensaio por HBOD**
- Figura 17 – Bioreator para análise de DBO**
- Figura 18 – Entrada da fábrica Herga Ltda.**
- Figura 19 – Sistema de injeção de O<sub>2</sub> de alta pureza**
- Figura 20 – Sistema de aeração por ar comprimido**

## **Lista de Tabelas**

- Tabela 1 - Relação entre a Carga mássica e a classe do processo**
- Tabela 2 – Instalações de estações de tratamento por oxigênio puro.**
- Tabela 3 - Eficiência de aeração por tipo de aerador**
- Tabela 4 - Diluição da Amostra de acordo com a concentração de DBO**
- Tabela 5 – Resultados de DQO, DBOm e DBOti.**
- Tabela 6 – Método de Thomas DBOm**
- Tabela 7 – Método de Thomas DBOti**
- Tabela 8 – Método de Regressão Linear**
- Tabela 9 – Método de Regressão Linear – DBOti**
- Tabela 10 – Coeficiente Cinético Ajustado**
- Tabela 11 – Fatores de Correlação**
- Tabela 12 – Coeficiente Cinético (K) - DBOt**
- Tabela 13 – Coeficiente Cinético (K) - DBOt**
- Tabela 14 – Coeficientes Cinéticos Ajustados – DBOm e DBOt**
- Tabela 15 – Fatores de correlação – DQO, DBOm e DBOt**
- Tabela 16 – Resultados Consolidados agrupados por Tipo de Efluente**
- Tabela 17 – Resultados Consolidados agrupados por faixa de oxigênio**

## Lista de Gráficos

- Gráfico 1 - Relação entre a remoção de DBO pela F/M aplicada**
- Gráfico 2 – Efluente Doméstico - O.D. entre 2 e 3 mg/l**
- Gráfico 3 – Efluente Industrial – O.D. entre 3 e 4 mg/l**
- Gráfico 4 - Efluente Industrial – O.D. entre 4 e 5 mg/l**
- Gráfico 5 - Resultados Gerais de DQO, DBOm e DBOt**
- Gráfico 6 - Variação de DQO e DBOm**
- Gráfico 7 - Variação da DQO e DBOt**
- Gráfico 8 - Coeficientes cinéticos ( $K'$ ) ajustados entre DBOm e DBOt**

## 1 Introdução

A DBO é um parâmetro utilizado para medir a capacidade de um determinado efluente em ser degradado por meio de bactérias aeróbias, com conseqüente consumo de oxigênio, em um dado tempo e temperatura controlados. Este parâmetro é o mais usado, no Brasil, para projetos de estações de tratamento de efluentes, industriais ou domésticos, controle operacional de estações já existentes e para caracterização do nível de biodegradabilidade de um determinado efluente.

O uso cada vez mais difundido da técnica de tratamento de efluentes por lodos ativados em meio de oxigênio puro no Brasil, tanto para efluentes domésticos, quanto para efluentes industriais, infunde no meio acadêmico a necessidade de realizar estudos sobre esta técnica, a fim de melhor conhecê-la e dominá-la. De modo que a academia possa conhecer um pouco mais do comportamento desta tecnologia, e não depender exclusivamente dos dados e resultados das empresas fornecedoras destes sistemas, que de maneira geral não seriam isentas na análise crítica de resultados que porventura lhes fossem desfavoráveis. Desta forma elaborou-se um experimento que permite contrapor o sistema tradicional de biodegradação por meio de ar atmosférico a um sistema baseado no uso do oxigênio puro para o mesmo fim, pois alguns estudos previram que a cinética de degradação deveria se comportar de maneira diferente, entre estes sistemas.(Wrampe, 2000).

Para realizar este intento optou-se por fazer esta comparação através de um sistema que possui um padrão cinético de biodegradação sobejamente conhecido, como é o caso do ensaio de  $DBO_5$  pelo método Winkler. Muito embora o ensaio de DBO tenha se desenvolvido com o uso de equipamentos cada vez mais sofisticados que tentam reproduzir de alguma forma a cinética de biodegradação do ensaio tradicional (K. Morris et al , 2001).

Estas técnicas modernas que visam uma análise rápida da DBO são baseadas nos seguintes princípios:

- Seleção arbitrária de um tempo menor de incubação a 20°C ou a uma maior temperatura; correlação entre a DBO e a DQO, acidimetria ou cor; uso de alta concentração



de inoculante proveniente de cultura mista ou pura; uso do conceito de valor de platô para total estabilização da matéria orgânica e uso da técnica manométrica (M. J. Sonh, 1995).

Muito embora se desenvolvam cada vez mais diferentes técnicas de análise de DBO, ainda nos dias atuais, considera-se a DBO com incubação por cinco dias, com temperatura controlada a 20° C e com o teor de oxigênio dissolvido analisado pelo método Winkler, o “padrão ouro” de análise (R. G.. Mealy e G. Bowman, 1998). Sendo assim, as análises deste trabalho, foram realizadas pelo método tradicional de determinação de DBO.

Foram montados dois experimentos, nos laboratórios da indústria química Herga, que operavam de maneira absolutamente idêntica, exceto pelo sistema de suporte aeróbio que os diferia, enquanto um sistema tinha como suporte ar atmosférico, o outro tinha oxigênio puro.

Estabeleceu-se inicialmente dois tipos de amostra: esgoto sanitário e efluente industrial, ambos provenientes da Herga. Com as primeiras análises observou-se que o esgoto sanitário da Herga apresentava valores de DQO muito superiores aqueles preconizados pela literatura técnica. Sendo assim, decidiu-se por inserir mais um tipo de amostra nos experimentos, o efluente doméstico do entorno do distrito industrial de Campo Grande.

Estes três tipos de efluentes foram analisados separadamente, e também se procedeu a separação por faixas de oxigênio dissolvido, de modo que um experimento não ultrapassasse o outro por mais de 1,0 mg/l de oxigênio dissolvido. Quando esta diferença era maior do que a estabelecida, a amostra tinha seu resultado desconsiderado.

Inicialmente realizamos análise de oxigênio dissolvido com dois, quatro e cinco dias de incubação, donde verificou-se que o experimento com suporte aeróbio de oxigênio puro apresentava valores de DBO superiores aos valores apresentados pelo sistema de ar atmosférico. Porém, com apenas três dias de análise não se conseguiu estabelecer o cálculo do coeficiente cinético ( $K'$ ) das reações de biodegradação encontradas nos ensaios de DBO, tanto na DBO tradicional (ar atmosférico), quanto na DBO modificada (oxigênio puro). Devido a este fato decidiu-se que as análises de oxigênio dissolvido seriam diárias, ou seja, seriam feitas análises do primeiro ao quinto dia de incubação. Com os resultados encontrados, calculou-se os coeficientes cinéticos ( $K'$ ) da DBO tradicional (DBOt) e da DBO modificada (DBOm), através do método de Thomas e do método de regressão linear (Cutrera, 2000). De modo que os resultados obtidos fossem estatisticamente relevantes e confiáveis procedeu-se o teste t-student, a 95% de confiança, e o teste F (Sperling, 1999).

A divisão deste trabalho se dá em dez capítulos, o capítulo um é a introdução ao trabalho, com informações sintetizadas sobre o trabalho de pesquisa desenvolvido; o capítulo dois apresenta os objetivos gerais e objetivos específicos; o capítulo três faz uma revisão histórica do sistema de tratamento por lodos ativados tradicionais e com o uso de oxigênio puro, o capítulo quatro apresenta a técnica de análise de oxigênio dissolvido utilizada neste trabalho, bem como, as modernas técnicas de análise de DBO; o capítulo cinco traz a cinética de biodegradação, apresenta um estudo dos aspectos cinéticos peculiares do ensaio de DBO por meio de incubação a cinco dias e faz uma descrição dos métodos de Thomas e de Regressão Linear usados para obtenção dos coeficientes cinéticos ( $K'$ ); o capítulo seis traz a metodologia utilizada neste trabalho, apresenta as normas que foram adotadas para o ensaio da DBO, bem como pormenoriza sobre a seleção das amostras, das faixas de oxigênio dissolvido, bem como do controle de Sólidos Suspensos Voláteis (SSV) e da questão da idade do lodo no experimento; o capítulo sete apresenta os resultados obtidos nos ensaios, traz uma seção de resultados gerais acompanhados de tabelas e gráficos, de coeficientes cinéticos calculados a partir dos resultados gerais de DBO e outro de fatores de correlação entre a DQO, a DBO modificada (DBOm) e a DBO tradicional (DBOt); o capítulo oito apresenta as análises dos resultados obtidos nos ensaios de DBO, os coeficientes cinéticos calculados e os fatores de correlação; o capítulo dez traz as recomendações para novos estudos e pesquisas, tanto na técnica de ensaio de DBO, quanto na técnica de lodos ativados em meio de oxigênio puro.

## **2 Objetivos**

### **2.1 Objetivo Geral**

Obtermos uma melhor compreensão, da potencialidade e das limitações, do processo de lodos ativados, em meio de oxigênio puro, bem como estimar o aumento da eficiência e as alterações relativas ao comportamento cinético da oxidação dos substratos dos esgotos domésticos e de alguns efluentes industriais, de modo a contribuir para um

melhor entendimento do uso de lodos ativados em meio de oxigênio puro, técnica que está sendo utilizada de modo cada vez mais intenso nos grandes centros urbanos, notadamente na cidade do Rio de Janeiro, como solução tecnológica de saneamento ambiental.

## **2.2 Objetivos Específicos**

- 1 - Avaliar as diferenças entre os resultados de DBO obtidos através da análise efetuada por meio de ar atmosférico a aquela por meio de oxigênio puro;
- 2 - Investigar a existência de uma cinética própria para DBO em oxigênio puro;
- 3- Desenvolvimento de uma metodologia específica para o uso de ensaio de DBO com suporte aeróbio de oxigênio puro (DBO modificada ou DBOm);
- 4- Estabelecer coeficientes cinéticos ( $K'$ ) concernentes as possíveis diferenças de biodegradação entre a DBOt e a DBOm;
- 5- Estabelecer um fator de correlação entre a DBOt e a DBOm..

## **3. Sistema de Lodos Ativados – Histórico**

### **3.1 Generalidades do Sistema**

Os processos por lodos ativados comportam essencialmente uma fase de contato do efluente, a tratar, com um floco bacteriano em presença do oxigênio, seguida de uma fase de separação deste floco (clarificação). Na verdade, este processo é uma intensificação do que ocorre na natureza.

A diferença provém de uma maior concentração de microorganismos e, conseqüentemente, de uma maior demanda volumétrica de oxigênio.

Para manter em suspensão a massa bacteriana, é necessária uma agitação artificial.

O marco inicial do processo é datado provavelmente de três de abril de 1914, quando dois pesquisadores ingleses, Edward Arden e William Lockett, apresentaram à Sociedade de Química Industrial de Londres, um resumo do seu trabalho chamado “Experiências sobre a oxidação do Esgoto sem a intervenção de Filtros”.

Até o fim da segunda guerra mundial, no dimensionamento das estações de tratamento eram adotados como parâmetros de dimensionamento, como parâmetros de dimensionamento, reduzidas taxas de aplicação, baixas cargas e com elevados tempos de detenção. Apenas após este período desenvolveram-se os sistemas de alta carga e elevados tempos de detenção.

Na sua versão original o sistema de lodo ativado operava em regime de bateladas. Água residuária era introduzida num reator biológico onde se encontrava o lodo ativado e depois de encher o reator, o conteúdo era aerado, resultando na depuração da água residuária.(Van Haadel,1999)

Uma estação de tratamento por lodos ativados sempre é composta por:

- Tanque de aeração ou oxigenação, no qual o efluente a tratar é mantido em contato com a massa bacteriana;
- Clarificador, no qual é efetuada a separação do efluente tratado e da cultura bacteriana;
- Dispositivo de recirculação, que assegura o retorno do lodo biológico, recuperado no decantador, para o tanque de aeração. Isto permite manter no tanque de aeração a quantidade (ou concentração) de microorganismos adequada para assegurar o nível de degradação desejada;
- Dispositivo de extração de lodo em excesso;
- Dispositivo de fornecimento de oxigênio à massa bacteriana presente no tanque de aeração;
- Dispositivo de mistura deste mesmo tanque, a fim de assegurar o contato entre as células bacterianas e o alimento, evitar os depósitos e melhorar a difusão do oxigênio, por onde ele é necessário.

As etapas e unidades de sistema podem ser observadas a seguir:

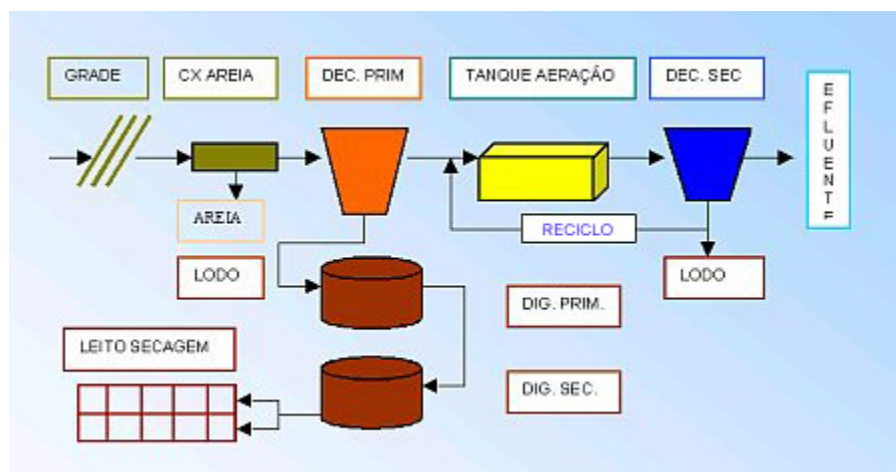


Figura 1 - Sistema de lodos ativados

A suspensão que contém a flora bacteriana depuradora presente no tanque de aeração é chamada “Lodos Ativados”.

Um reator biológico pode ser caracterizado segundo três parâmetros essenciais: a carga (mássica e volumétrica), a aptidão dos lodos à decantação e à idade destes lodos.

Chama-se carga mássica  $C_m$  (ou fator de carga) a relação entre a massa de alimento (expressa geralmente em termos de  $DBO_5$ ) que entra diariamente no reator e a massa de lodo contida neste reator.

A noção de carga mássica é importante, pois condiciona para um lodo ativado sua eficiência, de maneira geral. A carga mássica é também conhecida como  $F/M$ .

Baixas cargas mássicas correspondem à elevados rendimentos; altas cargas mássicas correspondem à eficiências mais baixas.

Como à baixa carga mássica, a respiração endógena é mais intensa que à alta carga, a produção de biomassa resultante é menor;

Uma respiração endógena forçada conduz à uma biomassa bem mineralizada; os processos à baixa carga se caracterizam por lodos em excesso menos fermentativos;

A elevada respiração endógena à baixa carga conduz à consumo de oxigênio superior à aqueles utilizados em alta carga.

É possível classificar os diferentes processos de lodos ativados segundo sua  $F/M$  ou carga mássica, conforme demonstrado na tabela a seguir:

Tabela 1 – Relação entre a Carga mássica e a classe do processo

<b>Carga Mássica</b> <b>(Kg DBO<sub>5</sub> / Kg SSV.d)</b>	<b>Classe do Processo</b>
F/M < 0,15	Baixa carga ou Aeração Prolongada
0,15 < F/M < 0,4	Média carga
F/M > 0,4	Alta carga

A idade do lodo é a relação entre a massa de lodo presente no reator e a massa de lodo extraída diariamente da estação.

Para se acompanhar a planta através da idade de lodo, deve-se medir diariamente a vazão de lodo retirada do sistema e a concentração de sólidos secos no lodo, de maneira a se poder efetuar um balanço material. Naturalmente, este método de controle da planta tem respostas mais rápidas que o controle pela carga mássica, mas é menos preciso pela dificuldade em se obter amostras representativas.

A idade do lodo é inversamente proporcional à carga mássica. Ela condiciona a presença ou a ausência de bactérias nitrificantes.

A transferência de oxigênio para o efluente se faz por contato íntimo entre este e o afluente. Na interface dos dois fluídos, a camada limite monomolecular se satura de oxigênio desde sua formação, ao mesmo tempo em que se inicia a difusão dos gases através das camadas mais profundas.

A magnitude da transferência de oxigênio depende da diferença de concentração de oxigênio entre o ar e água e do tempo disponível para a difusão do oxigênio.

Segue abaixo alguns marcos nos sistemas de tratamento de águas residuárias, de acordo com seu histórico e sua importância (Ganczarzyk, 1985):

1914 - “Experiências sobre a oxidação do esgoto sem a intervenção de filtros”.

1930 - “Desenvolvimento do conceito de alimentação progressiva”.

- 1940 - “Desenvolvimento do conceito de aeração modificada”.
- 1950 - “Tratamento de efluentes industriais, sem adição de esgoto doméstico”.
- 1960 - “Desenvolvimento de aeradores mais eficientes”.
- 1970 - “Desenvolvimento de oxigênio puro, deep-shaft e leitos fluidizados”.
- 1980 - “Sistemas automatizados por computadores”.
- 1990 - “Desenvolvimento de bactérias específicas para certos tipos de substratos “
- 2000 – “Desenvolvimento de biofilmes e biosensores para análise contínua de águas residuárias”.(M. J. Sonh, 1995)

### **3.2 Sistemas de Lodos ativados em meio de oxigênio puro**

A idéia de se utilizar oxigênio puro para o tratamento de efluentes líquidos, ao invés de ar, surgiu nos Estados Unidos na década de 30. Na década de 40, desenvolveram-se testes num sistema piloto onde observou-se que o oxigênio de alta pureza diminuía o consumo de energia elétrica e melhorava a sedimentação do lodo, além de estabilizar o efluente (Lauro, 1998)

Atualmente existem mais de 900 instalações em operação e centenas em projeto ou fase inicial de instalação, sendo mais de 50% destas nos Estados Unidos.

Para processos de tratamentos de águas residuárias em meio aeróbio, a transferência de oxigênio pode ser o principal fator limitante. Uma biomassa aeróbia requer oxigênio para manter a atividade metabólica a fim de converter o substrato orgânico (poluente) em material mineralizado. Os microorganismos recebem este oxigênio através da transferência da massa líquida, através do floco biológico, se este possuir concentração de oxigênio maior do que o da célula, e mesmo dentro das suas próprias células.(Sunandam, 1996).

Uma porcentagem alta (aproximadamente 90 por cento) de oxigênio injetado na água é dissolvida. Considerando que o oxigênio é 90 - 99.5 por cento puro, não há virtualmente nenhuma porção de gás não dissolvido no efluente. Então, não há praticamente nenhuma emissão de compostos orgânicos voláteis (VOCs) e de odores que normalmente são criados pela ação dos gases não dissolvidos.(Wrampe, 2000).

### 3.2.1 Características do Sistema

Como principais características deste sistema podemos citar:

- a) Tecnologia limpa: não ocorre formação de aerossóis;
- b) Baixo consumo de energia elétrica: quando se utiliza o oxigênio puro no processo de lodos ativados, a energia necessária para a dissolução do oxigênio na massa líquida diminui em 3,5 vezes, o que ocasiona uma conseqüente redução do uso da energia elétrica, mesmo levando em conta o gasto de energia elétrica para operar o sistema de geração de oxigênio on-site;
- c) Menor custo de implantação: devido à eficácia da ação do oxigênio puro, as áreas dos tanques de aeração, bem como dos tanques de decantação são sensivelmente reduzidas.

### 3.2.2 Análise das Vantagens e Desvantagens Operacionais

Como vantagens operacionais podemos citar:

- a) Nível de oxigênio dissolvido mais elevado, na faixa de 4 a 8 mg/l;
- b) Menor tempo de retenção na aeração: o tempo de retenção depende do efluente a ser tratado, da concentração da biomassa e da carga orgânica a ser removida. Através do uso de oxigênio puro consegue-se em média, tempos de retenção duas vezes menores que os dos sistemas convencionais.
- c) Menor produção de lodo: o sistema com oxigênio puro produz menos lodo em carga essencialmente equivalente (kg DBO/kg SSV). Sempre que existir disponibilidade de oxigênio, os microorganismos apresentarão respiração endógena, o que resulta em oxidação de parte da biomassa.
- d) Melhor sedimentabilidade do lodo: como a densidade de potência no tanque de aeração é diminuída, não ocorre quebra do floco biológico, como resultado o lodo torna-se mais denso. Também devido ao biofloco estar mais oxigenado (melhor difusão



interflocos), ocorre formação de um floco mais denso, sendo que sua velocidade de sedimentação passa a ser 2,5 vezes mais rápida do que nos sistemas convencionais a ar.

Como desvantagens podemos citar o aumento da complexidade do sistema que terá incorporado ao sistema pré-existente, os seguintes itens:

- a) Máquina de geração de oxigênio on-site;
- b) Sistema de oxigenação do aerador;
- c) Controle automático da injeção de oxigênio através de um sistema de sonda analisadora de oxigênio e válvula solenóide para controle da entrada do gás ao tanque de aeração.

### 3.2.3 Economias típicas do sistema

As economias abaixo relacionadas estão estabelecidas para estações de grande porte, que apresentem carga e vazão muito estáveis, e foram fornecidas por um fabricante de gases do ar, estas estão expressas em percentual de custo em relação aos sistemas convencionais a ar .

#### 1) Investimento Inicial – Economia com oxigênio puro

- |                              |           |
|------------------------------|-----------|
| a) Tanque de aeração         | 50 a 60 % |
| b) Reciclo de Lodos (Bombas) | 45 a 55 % |
| c) Adensador                 | 30 a 50 % |
| d) Bombeamento de Lodos      | 20 a 30 % |
| e) Equipamento elétrico      | 10 a 15 % |
| f) Área                      | 20 a 40 % |
| g) Terraplanagem             | 12 a 25 % |

#### 2) Energia de Operação, Manutenção e Suprimentos

- |                           |           |
|---------------------------|-----------|
| a) Dissolução de oxigênio | 15 a 50 % |
| b) Reciclo de Lodos       | 30 a 60 % |

c) Bombeamento de Lodos	30 a 35 %
d) Tratamento Final de Lodos	40 a 55 %

### **3.3 Tipos de Sistemas de Lodos ativados em meio de oxigênio puro**

#### **3.3.1 Sistema Mixflo**

No desenvolvimento do sistema que se tornou MIXFLO atenção principal era destinada aos laboratórios de pesquisa, de modo a entender a influência de uma pressão média de 3 a 6 bars na biomassa contida no tanque de aeração. Naquele momento nenhuma informação técnica estava disponível sobre este assunto e era difícil imaginar como a biomassa reagiria sendo exposta a condições físicas incomuns. (Sunadam, 1996)

Os resultados obtidos foram extraordinários: Uma redução da atividade de biomassa não foi observada e foi descoberto que a quantidade de oxigênio que poderia ser dissolvida eficazmente era mais alta que a calculada pela lei de Henry. (Sunadam, 1996).

A conclusão era que operando a pressão de 3 a 6 bars a penetração de oxigênio nos flocos do lodo era mais eficiente e completo que a pressão atmosférica, resultando em um número maior de células ativas, devido à presença de maior concentração de oxigênio nas interfaces das células e resultando numa biomassa mais ativa. (Sunadam, 1996).

Em defesa desta conclusão, foi observado que a uma mesma concentração de SSV no tanque de aeração retirou uma fração maior de DBO, a biomassa decantou nos clarificadores a uma taxa maior indicando um peso específico aumentado dos flocos do lodo.

O sistema foi projetado como um sistema auto-suficiente para dissolver homogêneo o oxigênio no efluente, manter sólidos em suspensão podendo trabalhar em sistemas de tanques de aeração em aberto. O sistema MIXFLO, descrito abaixo, inclui como equipamentos principais:

- Uma bomba centrífuga para pressurizar e recircular uma fração do efluente sob pressão média;
- Um loop de contato para dissolver o oxigênio no fluxo recirculado;

- Vários ejetores líquido-líquido para reintroduzir o fluxo oxigenado no tanque de aeração, misturando o fluxo rico em oxigênio, sob pressão, na garganta do ejetor com o corpo principal do efluente;
- Uma sonda de oxigênio para controlar o nível de oxigênio dissolvido desejado eficazmente (Wrampe, 2000).

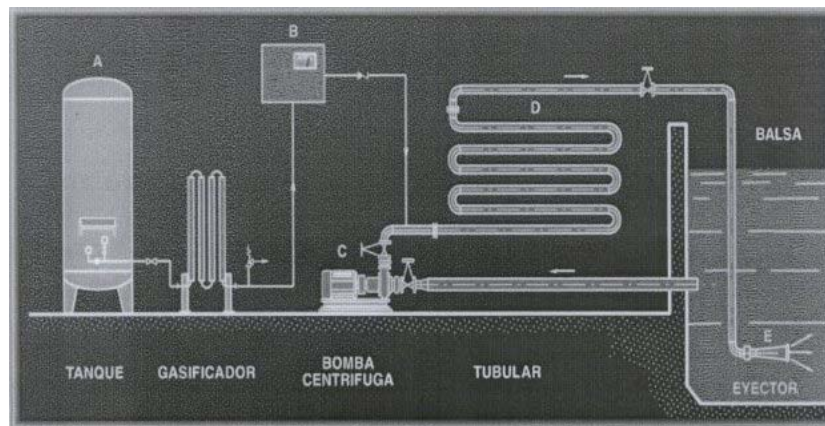


Figura 2 - Sistema Mixflo (Wrampe, 2000)

### 3.3.2 Sistema Lindox

O processo LINDOX é um processo de lodos ativados com injeção de oxigênio em bioreatores cobertos. É usado para a purificação biológica de efluente industrial e municipal, (Linde AG, 2001).

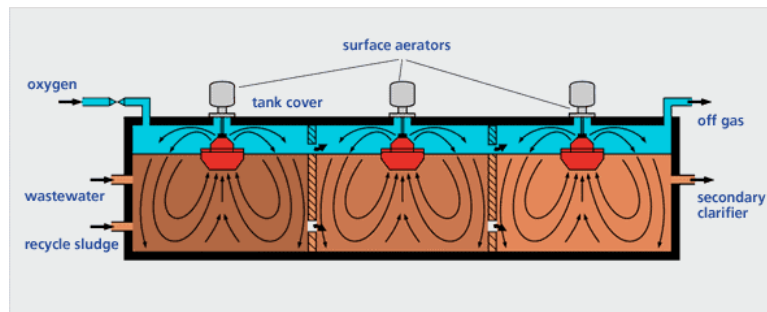


Figura 3: Sistema Lindox (Linde AG, 2001)

### 3.3.3 Sistema Linpor

O processo LINPOR faz uso de um material que consiste em cubos de espuma de plástico altamente porosos contido em um tanque de aeração clássico com injeção de oxigênio puro difundido por microbolhas, a microbiota estabelece-se preferencialmente no material poroso, o que reduz sobremaneira a quantidade de lodo no decantador secundário. Estabelecendo-se como um sistema de lodos ativados convencional sem modificações, este processo é ideal para a construção de plantas novas e a renovação e extensão de sistemas de lodos ativados existentes. (Linde AG, 2001).

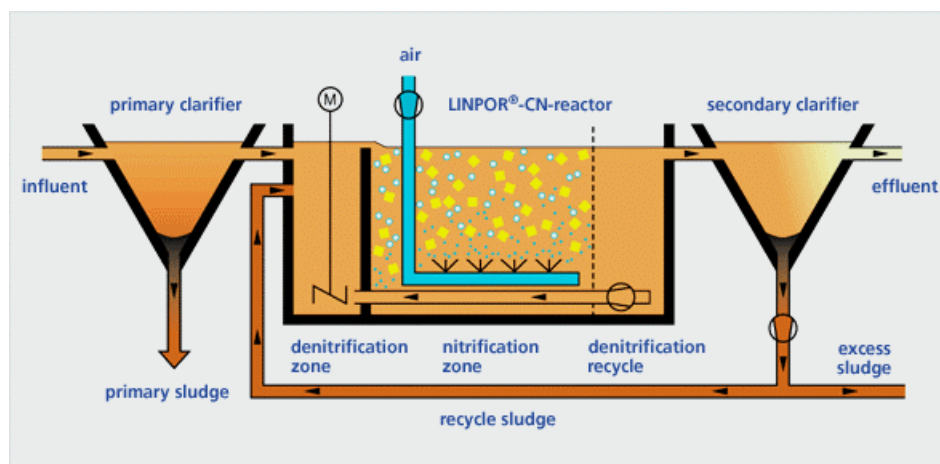


Figura 4: Sistema Linpor (Linde AG, 2001)

### 3.3.4 Sistema Ventoxal

O sistema ventoxal utiliza uma bomba submersa no fundo do tanque de aeração, com a dissolução do efluente ocorrendo por efeito venturi, e tendo a concentração do oxigênio dissolvido controlada por uma sonda e ocorrendo sua admissão ao sistema efetuada por uma válvula solenóide.

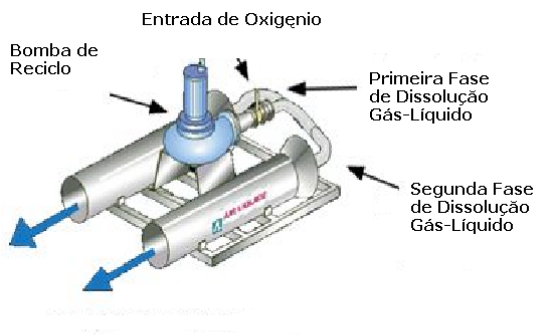


Figura 5 - Sistema Ventoxal (Air Liquide, 1998)

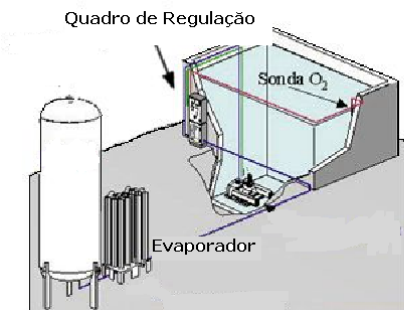


Figura 6 - Sistema Ventoxal (Air Liquide, 1998)

Os estudos efetuados até o momento não se debruçaram com vagar sobre a questão das modificações íntimas que o processo de oxigênio puro acarretariam a microbiota, á cinética e até mesmo no uso de uma DBO modificada, que estabelecesse parâmetros individualizados deste processo.( Wrampe, 2000).

### **3.4 Oxigênio puro em Lodos Ativados – Aspectos Mercadológicos**

#### **3.4.1 Situação da Tecnologia no Brasil – Histórico**

Nos últimos dez anos o uso do oxigênio puro em sistemas de lodos ativados no Brasil para tratamento de efluentes industriais foi sendo incorporado, ainda que timidamente, como mais uma opção no leque de técnicas de tratamento, primeiramente em empresas multinacionais que já a conheciam a partir das suas sedes no exterior, depois por empresas nacionais de grande porte e ultimamente por municípios e estados brasileiros que escolheram esta tecnologia para o tratamento dos seus esgotos.

Segue abaixo um documento do BNDES, de 1997, que trata sobre técnicas de tratamento de esgotos:

“Tratamento com oxigênio puro: sistema mecanizado cujo processo aeróbio utiliza o oxigênio puro no lugar do ar atmosférico. Os principais componentes são, em geral, o gerador de oxigênio, um tanque de oxigenação compartimentado e com cobertura, um decantador secundário e bombas para recirculação dos lodos ativados. Comparado aos sistemas aerados convencionais apresenta alta eficiência - a eliminação de DBO alcança a faixa de 90 a 95%, sendo efetuada em tempo reduzido e suportando altas cargas de matéria orgânica. Outros aspectos positivos são a possibilidade de controle total da emissão de maus odores e a produção reduzida de lodo. A instalação não demanda grande área e seus equipamentos são de pequeno porte. O consumo de energia equivale a 30% da energia requerida em processo de aeração com ar atmosférico. No Brasil, até a presente data, esse sistema tem sido utilizado principalmente no tratamento de efluentes industriais pois o seu custo tem sido um fator impeditivo para o uso no tratamento de esgotos domésticos.”

A partir do fragmento acima podemos perceber que existe um entendimento que os aspectos técnicos do uso de oxigênio puro são até mesmo superior do que o uso do ar atmosférico, estando apenas limitado pela questão do custo.

### 3.4.2– Situação da Tecnologia no Brasil – Instalações

As instalações de sistemas de oxigênio puro no Brasil estão muito voltadas ainda para o atendimento das necessidades do mercado industrial, sendo ainda incipiente a quantidade de estações de tratamento de esgotos domésticos, conforme pode ser visualizado na tabela, a seguir:

Tabela 2 – Instalações de estações de tratamento por oxigênio puro.

Estações de Tratamento de Lodos Ativados		
<b>Empresa</b>	<b>Efluentes Industriais</b>	<b>Efluentes Domésticos</b>
White Martins	68	04
AGA	25	01
Air Liquide	12	0
Air Products	03	0
Total	108	05

### 3.4.3 – Conclusões

Este Trabalho apresenta o resultado de uma série de entrevistas feitas com gerentes das companhias "produtoras" de gases do ar, projetistas ligados ao tratamento de

efluentes e também pessoas do poder público ligados a questão ambiental, como se tratou de uma entrevista com questões abertas, resolvemos estabelecer a visão que pertencia a maioria em cada tópico, bem como uma análise do tema proposto pelo autor.

#### **3.4.3.1 – Resultados compreendidos entre o início da década de 80 até a primeira metade dos anos 90.**

Por que no resto do mundo o uso de oxigênio puro é uma alternativa competitiva em custo aos sistemas tradicionais de lodos ativados e no Brasil esta alternativa é tão pouco competitiva?

##### a) Hegemonia de uma só companhia no mercado de gases do ar

Na década de 80 e até a primeira metade da década de 90, a empresa White Martins, detinha cerca de 85% do mercado de gases do ar no Brasil, esta posição cômoda fez com que não estivesse preocupada em desenvolver novos mercados, que apresentavam rentabilidade menor que as aplicações obtidas no setor medicinal.

##### b) Preço do oxigênio Medicinal

Um outro fator associado a questão da falta de interesse pelas companhias de gases do ar é que da década de 80 até a primeira metade da década de 90, o preço do oxigênio puro vendido aos hospitais chegava em alguns casos a mais de US\$ 5 /m<sup>3</sup> de O<sub>2</sub>, quando a viabilidade econômica para sistemas de tratamento de esgotos domésticos faz com que o oxigênio não possa ser vendido a mais do que US\$ 0,15/m<sup>3</sup>.

Mesmo com conhecimento desta realidade por parte das empresas fabricantes de gases do ar, e embora vendendo a este valor obtivessem lucros, como poderiam explicar aos consumidores medicinais que um mesmo produto fosse vendido com diferenças de mais de 3000 %. Sendo assim as companhias de gases do ar (White Martins, AGA, Air Liquide e Air Products) decidiram “congelar” um pouco a divulgação e a oferta destes sistemas ao mercado.

##### c) Consultores, projetistas e Empresas de Engenharia

Há uma crença ampla dos consultores ambientais, projetistas e das empresas de engenharia, de que o processo de oxigênio puro é caro e só deve ser usado para efluentes industriais e mesmo assim em casos muito específicos. Outrossim, embora se entenda que este dado não seja primordial, ocorre uma relação muito estreita entre as empresas de



engenharia e os fabricantes de aeradores, que perdem mercado quando se utiliza o processo de oxigênio puro.

d) Falta de Pesquisas por parte do meio acadêmico

O uso do oxigênio puro para tratamento de efluentes industriais e/ou domésticos nunca foi um tema importante nos meios acadêmicos, talvez, devido às companhias de gases do ar terem tratado esta tecnologia como uma caixa preta. Sendo assim, a falta de estudos deste tema apenas torna mais aguda a desconfiança de consultores, projetistas e empresas de engenharia, em relação a esta tecnologia.

**3.4.3.2 – Resultados compreendidos entre a segunda metade da década de 90 até os dias atuais.**

Por que se observa nos últimos anos uma retomada, embora tímida desta tecnologia, inclusive para tratamento de esgotos domésticos?

a) Surgimento de Equipamentos “on-site”

O surgimento de equipamentos que geram oxigênio puro no próprio local de utilização, reduziu fortemente o custo do gás, dissociando-se em consequência disso a relação entre o preço do oxigênio medicinal e o do oxigênio usado nas estações de tratamento, o que permitiu que esta tecnologia se tornasse economicamente viável.

b) Mercado mais competitivo

A White Martins S.A. passa ter 65 % do mercado de gases do ar, AGA do Brasil Ltda. 18% e Air Liquide do Brasil Ltda. 13%, estando o restante entre pequenos revendedores e a Air Products Ltda.

Esta movimentação do mercado faz com que o preço do oxigênio medicinal caia a algo em torno de US\$ 1/m<sup>3</sup>, e com esta perda de rentabilidade, as companhias de gases do ar não podem mais desprezar o mercado de tratamento de efluentes.

c) Associações com empresas de engenharia

A White Martins se associa com a Neotex engenharia e a Air Liquide se associa a Tecnipar. Estas duas associações mostram uma tendência que se traduz numa percepção por parte das companhias de gases do ar, da necessidade de buscarem no mercado interfaces e interlocutores mais bem preparados, tanto técnica, como comercialmente.

d) Excesso de oxigênio Líquido

A White Martins acreditando num aumento de consumo de gases do ar, aumentou seu número de fábricas com conseqüente aumento da produção de oxigênio puro, como este produto não pode ser estocado por muito tempo, estabeleceu-se uma estratégia de redução muito significativa de preço para aplicações menos nobres (Oxi-corte e efluentes), onde a questão preço era menos importante do que a questão volume.

### 3.4.4 Dados de Projeto

#### a) Eficiência de oxigenação (Wrampe,2000)

Tabela 03 - Eficiência de aeração por tipo de aerador

<i>Tipo de Aerador</i>	<b>Aeração Padrão - Eficiência</b> <b>( kg O<sub>2</sub>/ kwh)</b>
Aerador de Superfície	1,2 a 3,0
Difusores por Bolhas	1,2 a 3,0
Sistema de O <sub>2</sub> Puro	10,0

#### b) Custo de oxigênio puro para cliente (fábrica de 20 ton/d)

A fim de facilitar o entendimento dos dados apresentados a seguir faremos um resumo dos tipos de fornecimento de gases do ar oferecidos pelas companhias:

**Líquido:** O oxigênio puro produzido numa planta criogênica do fornecedor é distribuído por meio de caminhões;

**Pipeline:** Uma tubulação termicamente isolada transporta o oxigênio puro líquido para o uso do consumidor;

**Planta criogênica:** Quando o consumo é muito elevado, a empresa usuária do gás pode construir uma fábrica para geração de gases do ar criogênicos para atendimento de suas necessidades, normalmente esta iniciativa é feita em parceria com uma companhia fabricante de gases do ar criogênicos;

**PSA:** Planta de concentração dos gases do ar, por meio de zeólitos que adsorvem o gás que se deseja concentrar. Muito utilizado quando o consumo da fábrica é estável.

### **b.1) Caso Padrão**

Líquido 0,085 a 0,13 R\$/KgO<sub>2</sub>

Pipeline 0,03 a 0,06 R\$/KgO<sub>2</sub>

Planta Criogênica. 0,075 a 0,085 R\$/KgO<sub>2</sub>

PSA 0,04 a 0,05 R\$/KgO<sub>2</sub>

### **b.2) Estocagem de Produto**

Líquido 0,085 a 0,13 R\$/KgO<sub>2</sub>

Pipeline 0,03 a 0,06 R\$/KgO<sub>2</sub>

Planta Criogênica. 0,12 a 0,14 R\$/KgO<sub>2</sub>

PSA 0,065 a 0,085 R\$/KgO<sub>2</sub>

### **b.3) Estocagem e Back-up**

Líquido 0,085 a 0,13 R\$/KgO<sub>2</sub>

Pipeline 0,03 a 0,06 R\$/KgO<sub>2</sub>

Planta Criogênica. 0,13 a 0,15 R\$/KgO<sub>2</sub>

PSA 0,075 a 0,09 R\$/KgO<sub>2</sub>

Observação: Os dados aqui fornecidos foram coletados a partir de diversas publicações e documentos das próprias companhias fabricantes de gases do ar criogênicos.

#### 4. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) – Histórico

A Demanda Bioquímica de Oxigênio ( DBO ) é definida como a remoção potencial de Oxigênio da água, pelas bactérias heterotróficas aeróbias que utilizam matéria orgânica para produção de energia e para sua reprodução.(Brookman, 1996).

A DBO é o mais importante parâmetro para determinar de maneira indireta compostos orgânicos biodegradáveis em efluentes.O método “standard” para análise de DBO é o DBO<sub>5</sub>, ensaio descrito pelo APHA no documento “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”; na vigésima edição, da “AWWA (American Water Works Association)”. Esta técnica mede a quantidade de oxigênio dissolvido requerida para a oxidação microbiana do substrato orgânico em condições especificadas.

O conteúdo orgânico de um efluente pode ser determinado por vários métodos. O mais comumente usado é o método que mede o consumo de oxigênio, embora a determinação de carbono orgânico também seja usada. No primeiro método mede-se a quantidade requerida de oxigênio para degradar o conteúdo orgânico de um efluente. Desta forma, através do consumo de oxigênio podemos definir o DBO e a DQO, sendo que a DQO possui resultados mais rápidos, porém sem representatividade biológica, ou seja, de acordo com a degradação que acontece no ambiente.

A DBO de um efluente é calculada medindo o oxigênio consumido durante a degradação de um substrato orgânico pela flora microbiana em suspensão na água. O procedimento mais comum é a diluição, método que basicamente consiste em diluir o efluente (dependendo no grau de contaminação) com uma solução nutriente saturada com ar. As soluções são armazenadas na escuridão em garrafas fechadas com temperatura controlada, normalmente 20° C, e o oxigênio dissolvido é periodicamente medido. Normalmente, cinco dias são usados para o teste, e os resultados são informados como DBO.

Medidas periódicas do oxigênio dissolvido (não só ao começo e ao fim dos cinco dias) são exigidas, a fim assegurar que o procedimento está sendo levado a cabo corretamente e descobrir possíveis erros como uma diluição excessiva, presença de combinações tóxicas ou a falta de uma população microbiana suficientemente adaptada.

#### **4.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio com suporte aeróbico em oxigênio puro (DBO modificada ou DBOm)**

As estações de tratamento que operam em sistemas com oxigênio puro têm sua microbiota aclimatada para este sistema de oxigenação. Quando realizamos o ensaio da DBO tradicional esta microbiota, teoricamente, sofre um processo de impacto de aclimação ao suporte aeróbio de ar atmosférico, podendo causar distorções nos resultados da DBO pela ineficiência da biodegradação do substrato.

Em vista disto resolvemos testar uma variação no ensaio da DBO, que visa mudar não somente o meio suporte aeróbio, onde anteriormente era usado ar atmosférico, inserimos oxigênio puro. Para o acompanhamento destes ensaios lançamos mão do método de DBO<sub>5</sub> Winkler.

#### **4.2.Método Winkler**

É um método químico basicamente titulométrico, via úmida, que mede a quantidade de oxigênio presente, baseando-se na conversão de oxigênio em iodeto. É considerado por muitos órgãos ambientais como o “padrão ouro” de análise.

A amostra é convenientemente diluída, (ver tabela 04) com uma água de diluição especialmente preparada de modo que existam nutrientes e oxigênio disponíveis durante todo o período de incubação. Na água de incubação é inoculada uma microbiota. O período de incubação é em geral de cinco dias a 20 °C, com temperatura constante ao longo de todo o ensaio.

Abaixo, com o auxílio das figuras descreveremos de maneira sucinta o método Winkler e para informação mais detalhada sobre o método de análise de DBO normatizado ver Norma para análise de Demanda Bioquímica de Oxigênio DBO, NBR 12614/92.



**Figura 6 - Primeira etapa do ensaio de Winkler**

Nos Frascos de DBO (300 ml) que ficaram nas estufas a 20° C contendo solução nutriente, água aerada e a amostra, é adicionado 1ml de solução de sulfato manganoso e 1ml de solução alcalina de Iodeto-Azida, rapidamente tampa-se com cuidado para que as bolhas de ar sejam excluídas.



**Figura 7 - Segunda etapa do ensaio de Winkler**

Homogeneiza-se bem o conteúdo do frasco, e deixa-se o floculado decantar, até que se obtenha dois terços de sobrenadante clarificado sobre o precipitado floculento

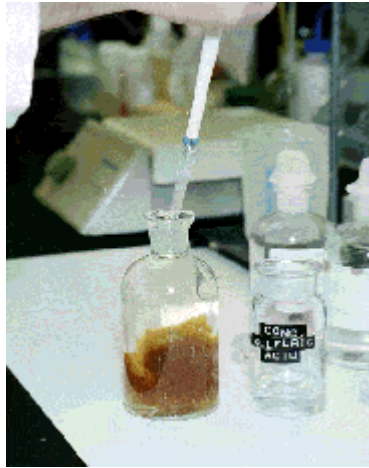


Figura 8 - Terceira etapa do ensaio de Winkler

Cuidadosamente remove-se a tampa do frasco de DBO e adiciona-se 1ml de ácido Sulfúrico concentrado, tampe e homogeneiza-se o conteúdo do frasco cuidadosamente.



Figura 9 - Quarta etapa do ensaio de Winkler

Deixa-se o frasco de repouso por alguns minutos até que todo o precipitado tenha sido dissolvido, o frasco deverá apresentar um conteúdo de cor amarelo clara.



Figura 10 - Quinta etapa do ensaio de Winkler

Transfere-se 200ml da solução do frasco de DBO (de cor amarelo clara) para um becher de 300 ml, coloca-se um bastão magnético dentro do becher, e o becher sobre uma placa misturadora.



Figura 11 - Sexta etapa do ensaio de Winkler

Titula-se contra Tiosulfato de sódio a 0,025 molar até o aparecimento de uma cor de palha bem esmaecida, após o aparecimento desta cor adiciona-se 1 ml de solução de goma de amido e continua-se a titulação



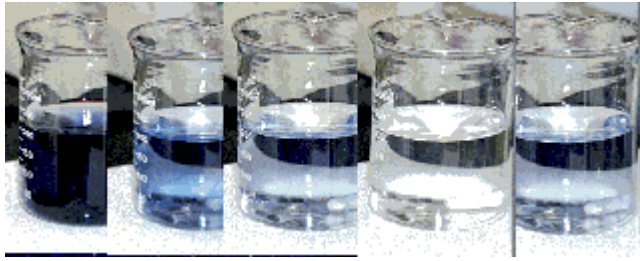


Figura 12 - Sétima etapa do ensaio de Winkler

Continua-se a titulação até o desaparecimento da cor azul. Se o becher for deixado em repouso uma cor azul volta a aparecer devido a lei de Henry .

Muito embora se tenha desenvolvido inúmeras formas de análise de DBO, até o presente momento não há consenso sobre nenhum método analítico que se sobreponha ao método Winkler, devido a ser o mais passível de reprodutibilidade, devido a lançar mão de métodos analíticos por via úmida , sem a intermediação de aparelhos, ou seja, o ensaio de DBO pelo método Winkler apresenta uma maior confiabilidade química.

#### **4.3 Métodos Modernos de Avaliação da Demanda Bioquímica de Oxigênio**

Embora o método Winkler seja reputado como o método mais confiável para avaliação da DBO, a duração longa do ensaio é a sua maior desvantagem, especialmente onde a avaliação rápida é essencial para processo de monitoramento ou controle ambiental. Por conseguinte, esforços consideráveis foram alocados para o desenvolvimento de técnicas de análise de DBO mais rápidas. ( Morris et al. 2001 )

A seguir apresentamos algumas técnicas que visam aliar rapidez de análise à confiabilidade de resultados.

### 4.3.1 Método Manométrico

Os microorganismos já presentes ou semeados propositalmente numa amostra de água, que contenha um substrato orgânico biodegradável usam oxigênio nos seus processos bioquímicos e produzem através da respiração endógena ou exógena um volume proporcional de gás carbônico.

Se o processo se desenvolve em um sistema fechado e o gás carbônico é absorvido por um álcali forte, uma diminuição progressiva de pressão interna pode ser medida.

O sistema manométrico elimina todo o exaustivo trabalho da análise de DBO pelo método Winkler, que implica na preparação de vários reagentes para a determinação de oxigênio dissolvido, assim como as várias diluições em que a amostra é submetida com água de diluição preparada com nutrientes e aerada, aumentando o tempo e o custo da análise.

O sensor de DBO é constituído por um microprocessador sem mercúrio que permite a determinação de DBO de acordo com a pressão exercida dentro do frasco. Os microorganismos, ao degradarem o material orgânico, consomem o oxigênio de dentro do frasco, ocorrendo uma redução de pressão. Essa redução é identificada pelo sensor e é diretamente proporcional ao material orgânico presente. Para a realização da análise, precisa-se apenas corrigir o pH da amostra entre 6,5-7,5 e escolher no display do aparelho a escala de DBO esperada: 90, 250, 600,1000, usando um volume de amostra entre 100 e 400mLs, não necessitando de titulações e diluições. O resultado da DBO é fornecido diretamente em mg/l e, em qualquer momento do período de incubação, o valor de DBO atual pode ser visualizado.



Figura 13 - Aparelhos para ensaio Manométrico

### 4.3.2. Análise por Biosensor

Um sensor da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), baseado em uma cultura mista de microorganismos imobilizada, em combinação com um eletrodo de oxigênio dissolvido, foi desenvolvida com a finalidade de monitorar on-line o processo de tratamento biológico para efluentes. (Jing Liu, 2000)

### 4.3.3 Análise Potenciométrica

É um método analítico baseado na diferença de potencial de um sistema em meio líquido, que apresente, num dado período de tempo variação da concentração de oxigênio dissolvido. Utiliza um eletrodo calibrado por um valor de Oxigênio dissolvido de referência, tem boa reprodutibilidade e resposta, porém o ensaio da DBO precisa ser parado para que a análise seja realizada.



Figura 14 - Aparelho para análise Potenciométrica

### 4.3.4 Análise por variação de Luminescência.

O Analisador de DBO determina um valor de DBO calculando a taxa de depleção de oxigênio durante um determinado tempo e comparando esta taxa com a taxa de

depleção obtida através de uma curva padrão, de cinco dias. A leitura da fluorescência de oxigênio na amostra é determinada por um sensor de fluorescência. Este sensor é exposto à amostra onde absorve o oxigênio imediatamente. O frasco do sensor é colocado então em cima da fonte luminosa de UV que provoca um brilho que é lido pelo sensor. Quanto maior a concentração de oxigênio da amostra, menor será o brilho do sensor. Este brilho será medido pelo sensor e indicará o valor da DBO.

Como limitação temos o fato de que se a curva de DBO não se comportar de maneira análoga ao preconizado pela teoria cinética, o ensaio apresentará uma margem grande de erro, o que comprometerá a confiabilidade dos resultados.



Figura 15 - Aparelho para ensaio por Luminescência

#### 4.3.5 Análise por HBOD

O teste de HBOD é uma variação de um teste respirométrico que provê medida direta de consumo de oxigênio através de microorganismos em um recipiente fechado sob condições de temperatura constante e agitação. A diferença principal entre o teste respirométrico e o de HBOD é a frequência de análise. O teste respirométrico pode prover medidas contínuas de utilização de oxigênio, enquanto o teste de DBO tradicional, não. No teste de HBOD, oxigênio é continuamente reinjetado, para que abasteça a parte preenchida pelo ar, dentro do recipiente (ver figura 16). As amostras devem ser agitadas continuamente para que a dopagem de oxigênio não seja limitada por transferência de massa de oxigênio do ar na água (Logan, B.E et al.,1998)



Figura 16 - Aparelho para ensaio por HBOD

#### 4.3.6 Análise Piezelétrica

A série piezelétrica de sensor de cristal de quartzo tem uma resposta de frequência sensível para condutividade da solução e a variação da frequência é linearmente relacionada a mudança de condutividade em alguma extensão.

A técnica Piezelétrica é combinada com o crescimento de um microorganismo e aplicada à medida de DBO em águas residuárias. O método é baseado no fato que as bactérias metabolizam oxigênio dissolvido na solução continuamente de modo a transformarem poluente orgânicos em íons orgânicos e inorgânicos simples, o que causa um aumento na condutividade do meio e uma diminuição dentro da frequência de ressonância do sensor piezelétrico. A curva de resposta reflete o consumo de xigênio dissolvido. (Jinzhong Zhang, et al, 1999)

### 4.3.7 Análise por Bioreatores

O efluente é bombeado continuamente por um “by pass” de amostra. Um mecanismo na bomba peristáltica alimenta um fluxo pequeno de efluente do “by pass” para o bioreator. O fluxo do efluente é dinamicamente diluído com água saturada de oxigênio. Para controlar o excesso de oxigênio, fixa-se a biomassa no bioreator para um valor constante. Microorganismos crescem dentro de cilindros de plástico pequenos e ocos. Estes cilindros protegem os microorganismos do misturar turbulento no bioreator. O sistema é de temperatura controlada, tem tempo de retenção constante e quantidade de biomassa fixa. A DBO do influente é simplesmente calculada multiplicando a DBO fixa pela relação de diluição variável. (Jing Liu, 2000)

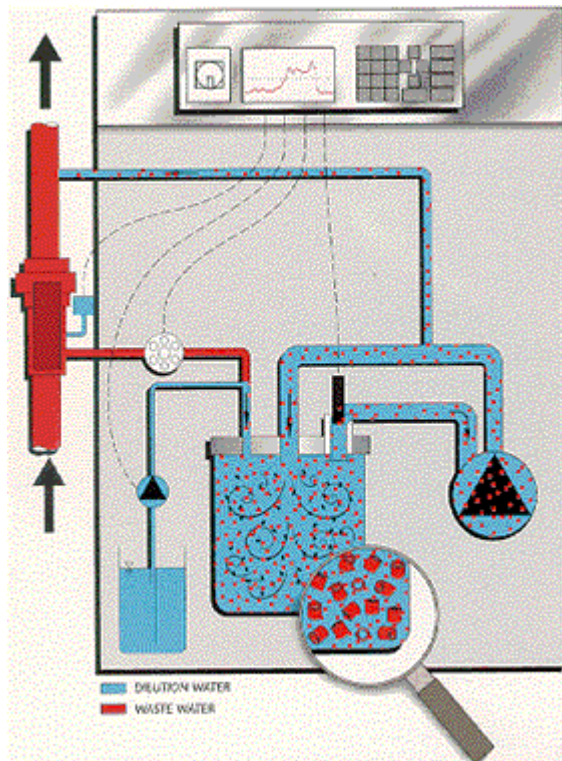


Figura 17: Bioreator para análise de DBO

## 5. Cinética de Biodegradação

A cinética de reações químicas pode ser muito útil se a utilizarmos como um guia para revelar as reações de DBO, contanto que seja percebido que o modelo cinético da reação de DBO é uma expressão empírica, escolhida somente pela conveniência, em lugar de uma descrição plena das transformações complexas que acontecem com a DBO.

Não surpreendentemente, uma primeira ordem de decremento da DBO tem sido amplamente aplicada para descrever a taxa de desoxigenação que ocorre nos efluentes domésticos.(Adrian e Sanders, 1997).

O conceito de uma constante de taxa de primeira ordem simples para a análise de DBO é fundamentado no senso comum, de mesmo modo que um decréscimo exponencial em função do tempo para certos parâmetros, tais como oxigênio dissolvido, por exemplo, pode ser aplicada com boa fidelidade em testes com amostras de lodos ativados por batelada (Alexander, 1985).

Thomas (1957), Young e Clark(1965), Nemerow(1974) e Tebbut e Berkun(1976), mostraram que uma reação de segunda ordem em lugar de uma de primeira ordem, freqüentemente descreve de maneira mais adequada a estabilização dos efluentes nos cursos d'água ( rios ).

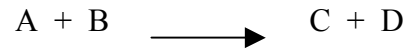
Young e Clark(1965) e Clark e Viessman (1965) mostraram como analisar dados de DBO, que sejam descritos pela reação de segunda ordem.(Adrian and Sanders,1997).

Para esgotos domésticos a literatura técnica adota um valor K de  $0,23 \text{ d}^{-1}$  (Phelps,1944), já outros autores afirmam que estabelecer um número fixo para o coeficiente cinético, pode induzir a erros substanciais de estimativa. Metcalf e Edy (1985), por exemplo, estabelecem o valor de K entre  $0,10$  e  $0,30 \text{ d}^{-1}$ .

### 5.1.Cinética do ensaio da DBO

Os coeficientes cinéticos e as concentrações de reagentes são fatores primordiais para a definição da velocidade de uma reação química.

Seja uma reação do tipo:



Essa pode ser descrita de acordo com Gudberg Waage da seguinte forma:

$$V = K [ A ]^x [ B ]^y$$

Onde:

K = Constante da reação

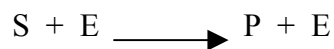
V = Velocidade em que a reação se processa

[ A ] = Concentração molar do reagente A

[ B ] = Concentração molar do reagente B

Onde a soma dos expoentes x e y, estabelece a ordem daquela reação.

Porém se observarmos um esboço, mesmo que reducionista, da reação de degradação de um substrato orgânico por meio da ação enzimática de microorganismos, de acordo com o modelo de Monod, teremos:



$$V = K [ S ]^x [ E ]^y$$

Onde:

K = Constante da reação

V = Velocidade em que a reação se processa

[ S ] = Concentração molar do substrato orgânico

[ E ] = Concentração molar do material enzimático



Assim sendo, podemos afirmar a luz da teoria da cinética química que estamos diante de uma reação de segunda ordem e como tal ela deva ser tratada.

Mas se assumirmos que a concentração de enzimas durante o processo não é reduzida e essas retornam para a reação, podemos dizer que a variação de concentração enzimática num sistema de biodegradação fechado tende a zero.

$\Delta[ E ]$  tende a zero.

Sendo assim, quando tratamos especificamente do ensaio de DBO, principalmente no uso do método Winkler, o modelo de cinética de primeira ordem é apropriado.

Para a explicitarmos a cinética de primeira ordem para o ensaio de DBO, necessitamos de alguns dados que fazem parte deste ensaio.

A) Carga de Substrato: De acordo com a norma para o ensaio de DBO temos a seguinte relação de diluição do efluente de acordo com a faixa de DBO prevista:

Tabela 04 - Diluição da Amostra de acordo com a concentração de DBO

<b>Faixa de DBO</b>	<b>ml de Efluente</b>	<b>% Mistura</b>
30000-105000	0,02	0,01
12000-40000	0,05	0,02
6000-21000	0,10	0,05
3000-10500	0,20	0,10
1200-4200	0,50	0,20
600-2100	1,0	0,50
300-1050	2,0	1,0
120-420	5,0	2,0
60-210	10,0	5,0
30-105	20,0	10,0
12-42	50,0	20,0
6-21	100,0	50,0
0-7	300,0	100

Fonte: Metcalf e Eddy, 1977

B) Concentração de microorganismos: de acordo com os estudos sobre a análise de DBO, a concentração típica de sólidos suspensos voláteis numa água nutriente para DBO é em torno de 100 mg/l.

De acordo com os dados acima podemos calcular uma hipotética F/M ( kgDBO/kgSSV.d), ou seja uma carga mássica aplicada ao modelo de DBO.

Para exemplificarmos tomaremos um efluente com DBO prevista de 1000 mg/l (faixa de 600 a 2100 mg/l.), num frasco de DBO de 300 ml.

$$F/M = \frac{\text{Concentração de DBO ( Kg/m}^3\text{)} \cdot \text{Volume amostra (m}^3\text{)}}{\text{Concentração de SSV(Kg/m}^3\text{)} \cdot \text{Volume do vidro de DBO (m}^3\text{)}}$$

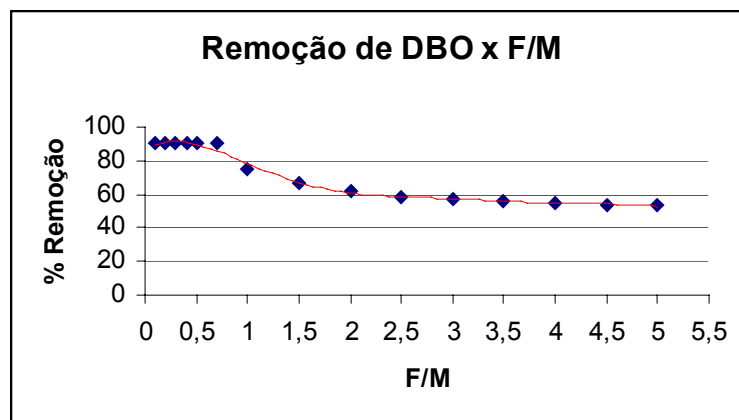
$$\text{Donde } F/M = \frac{10^0 \text{ KgDBO/m}^3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3}{10^{-1} \text{ KgSSV/m}^3 \cdot 3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3}$$

$$F/M = 0,0333 \text{ Kg DBO/KgSSV}$$

Em quaisquer das concentrações utilizadas a F/M ficou sempre entre 0,0333 e 0,0667 Kg DBO/Kg SSV.

Para facilitar a compreensão segue um gráfico que estabelece de maneira empírica a relação entre a taxa de F/M e a remoção de DBO.

Gráfico 1 - Relação entre a remoção de DBO pela F/M aplicada



Fonte: Ganczarczyk 1983

Sendo assim, fica claro que mesmo que uma variação grande de SSV se dê durante o ensaio da DBO, ainda assim a F/M ficará muito baixa, garantindo assim a eficiência da remoção de DBO.

Ora o conceito de reação de segunda ordem pré-determina que se uma das concentrações dos reagentes variar a velocidade da reação variará de maneira análoga a variação prévia da concentração do reagente.

Como este fato não se observa no ensaio de DBO, podemos dizer que apenas a concentração de substrato ordena a velocidade da reação, sendo desta forma, considerada uma reação típica de primeira ordem.

Para a determinação de  $k$  (ou  $k_{10}$ ) e  $L_0$  no ensaio da DBO três métodos são comumente usados: o método de regressão linear, o método de Thomas e o método de regressão não-linear, a confiabilidade destes três métodos para expressar o coeficiente cinético da DBO foi pesquisada por Guillermo Cutrera em 1998 (Water SA Vol. 25 No. 3 July 1999), onde após diversos experimentos pode constatar não ser possível determinar uma superioridade de qualquer um dos métodos, tendo os três apresentado boa reprodutibilidade.

## **6 Metodologia**

### **6.1 Pesquisa de Campo**

A pesquisa de campo deu-se pela utilização de um laboratório de análises químicas da empresa Herga Indústria Química Ltda., onde foram coletadas as amostras. Neste laboratório, procedemos a montagem dos experimentos para realização da pesquisa de DBO em meio de oxigênio puro (DBOm) e da DBO tradicional (DBOt). Neste laboratório além das análises de DBO, também foram realizadas análises de Demanda Química de Oxigênio (DQO), e dos Sólidos Suspensos Voláteis (SSV).

### 6.1.1. Localização da parte Experimental

A indústria química Herga Ltda. está situada no distrito industrial de Campo Grande e é fabricante de intermediários tensoativos para produtos de limpeza e cosmética.



Figura 18: Entrada da fábrica Herga Ltda.

### 6.1.2 Amostras

As coletas de efluentes industriais e dos esgotos domésticos foram obtidas preliminarmente na Industria Química Herga Ltda.

Após a constatação de que os esgotos sanitários da Herga apresentavam valores incompatíveis com aqueles preconizados pela literatura técnica, fizemos uma campanha de coletas de efluentes domésticos no entorno do distrito industrial de Campo Grande, com aquiescência do síndico do condomínio do distrito industrial, bem como a liberação da associação de moradores daquela localidade.

Para confecção das amostras coletamos em três pontos distintos a saber:

a) Efluente Industrial

Composição Química Média:

Demanda Química de Oxigênio (DQO): 6500 mg/l

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): 3500 mg/l

Substâncias Tensoativas reativas ao azul de metileno (MBAS): 1200 mg/l

Óleos e Graxas: 220 mg/l

Coletamos efluentes da estação de tratamento da empresa, que usa o processo de tratamento de efluentes por lodos ativados em oxigênio puro ( modelo Ventoxal ). Para análise de DBO, coletamos amostras na estação de tratamento após o processo físico químico.

A coleta posterior ao processo físico-químico visa estabelecer a concentração de DBO que se dirige ao sistema biológico.

b) Efluente Doméstico Herga

Demanda Química de Oxigênio (DQO): 800 mg/l

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): 450 mg/l

Substâncias Tensoativas reativas ao azul de metileno (MBAS): 350 mg/l

Óleos e Graxas: 110 mg/l

Foram coletadas amostras nas caixas de passagem anteriores as fossas sépticas. Inicialmente pretendíamos utilizar o efluente para análise como efluente doméstico, porém os resultados das análises preliminares indicaram valores de DQO acima daquele

preconizado pela literatura. Assim sendo, o definimos como um efluente doméstico, que apresenta contaminação pelo efluente industrial.

c) Efluente Doméstico em torno do Distrito Industrial de Campo Grande

Demanda Química de Oxigênio (DQO): 550 mg/l

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): 300 mg/l

Substâncias Tensioativas reativas ao azul de metileno (MBAS): 80 mg/l

Óleos e Graxas: 70 mg/l

Com o aceite do gestor do condomínio do distrito industrial de Campo Grande, coletamos amostras de esgoto doméstico na região habitada no entorno da fábrica, estabelecendo este efluente como doméstico. Este efluente sempre foi coletado antes das fossas sépticas ou sumidouros das residências.

### **6.2.3 Métodos e Materiais**

#### **A) Procedimento Inicial**

Iniciamos com dois recipientes de vidro de 20 litros cada, onde eram colocados água com nutrientes e com lodo proveniente da estação de tratamento da Herga (de acordo com a norma NBR 12614/92), um dos recipientes foi aerado com ar atmosférico. No outro recipiente só foi injetado oxigênio puro (pureza de 99,5 %). Deste sistema foram retiradas as águas de diluição para análise de DBO. Adotamos o mesmo procedimento para o

efluente doméstico, sendo que apenas utilizamos outros dois recipientes para prepararmos as águas nutrientes, e não necessitamos colocar lodo proveniente da estação de tratamento, pois o esgoto doméstico já apresenta por si só uma grande gama de microorganismos.



Figura 19: Sistema de Injeção de Oxigênio de alta pureza



Figura 20: Sistema de aeração por ar comprimido

As amostras foram coletadas as quartas, quintas e sextas-feiras; para que as análises pudessem ser realizadas sempre em dias que a fábrica estivesse em funcionamento.

De cada amostra, procedemos a análise preliminar de DQO (conforme NBR 10357). Quando as amostras eram preparadas procedia-se uma análise de oxigênio dissolvido (método Winkler), para os dois recipientes contendo água de diluição.

Para análise da amostra coletada em cada recipiente foram formadas três pares de amostras para retirada com dois, quatro e cinco dias de incubação.

#### **6.2.3.1 Regras adotadas para o ensaio inicial**

a) Todas as amostras antes de sofrerem análises de DBO tinham sua DQO medida.

b) Apenas quando as águas de diluição apresentassem uma diferença de oxigênio dissolvido menor ou igual a 1 mg/l, no sistema tradicional e no sistema de oxigênio puro, seriam consideradas, para resultados válidos de DBO.

c) A análise de SSV do sistema tradicional e de oxigênio puro foi realizada, de modo a que a relação F/M dos dois sistemas não diferisse de maneira muito intensa.

d) A análise de DBO em si, com a escolha do método Winkler, e a preparação do sistema de águas de diluição com a biota proveniente de estação de tratamento com oxigênio puro.(NBR 12614/92)

#### **6.2.4 Resultados Preliminares**

Nos gráficos a seguir apresentamos os resultados preliminares de DQO, DBO<sub>m</sub> e DBO<sub>t</sub> do efluente industrial da indústria Herga. As águas de diluição, utilizadas nas



análises de DBO, tinham concentrações de oxigênio dissolvido na faixa de 2 a 3 mg/l ou 4 a 5 mg/l.

Gráfico 3- Efluente Industrial O. D. entre 2 e 3 mg/l

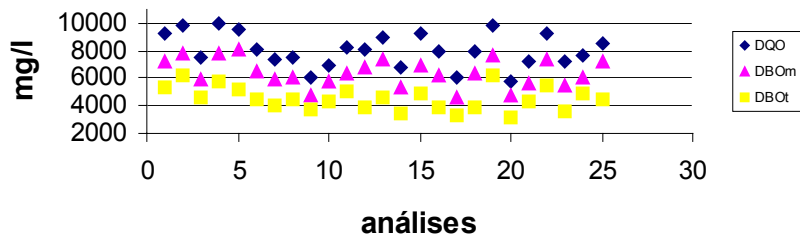


Gráfico 4 - Efluente Industrial O. D. entre 2 e 3 mg/l

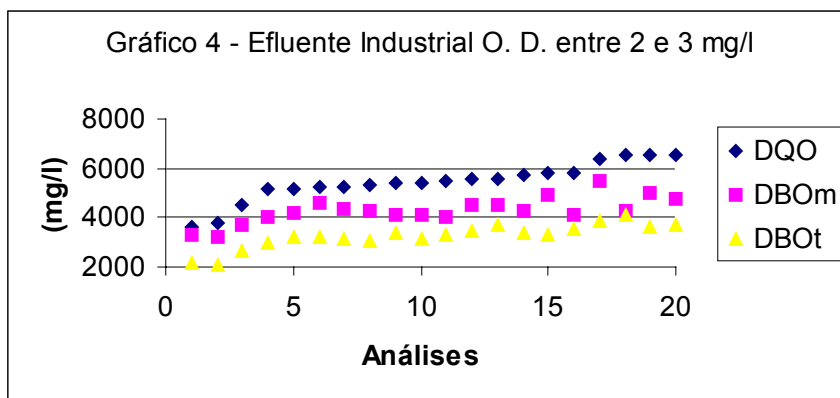
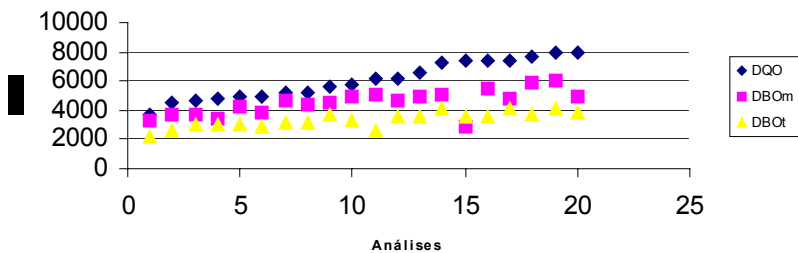


Gráfico 5 - Efluente industrial O. D. entre 4 e 5 mg/l



### 6.2.5 Análise dos Resultados Preliminares

Muito embora estes primeiros resultados mostrassem uma diferença entre os valores da DBO tradicional, por meio de ar atmosférico, e os valores da DBO, por meio de oxigênio a alta pureza, ainda assim necessitaríamos de um maior número de análises por amostra que nos permitisse verificar cinética de desoxigenação. Sendo assim, os resultados da DBOm e da DBOt, apenas em 2, 4 e 5 dias eram insuficientes para uma avaliação desta cinética. Por este motivo, estabelecemos análises diárias da DBO, a fim de possuímos cinco resultados da DBO tradicional e cinco resultados da DBO modificada. Desta forma, as curvas de DBO ganhariam mais representatividade e os cálculos de coeficiente cinético teriam sua confiabilidade aumentada.

### 6.2.6 Análise da cinética da DBO em meio de O<sub>2</sub> puro - Ensaios Diários

Para a análise do comportamento cinético da DBOt e da DBOm realizamos análises diárias tanto da DBO tradicional quanto da DBO modificada. De posse dos resultados utilizamos dois métodos para definição do coeficiente cinético da biodegradação ( $k'$ ), que foram os métodos de regressão linear e o método de Thomas.

#### 6.2.7.1. Método de Regressão Linear

O exemplo mais simples de uma aproximação de mínimos quadrados é o assentamento de uma linha reta a um conjunto de pares de pontos:  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ , ...,  $(x_n, y_n)$ .

A expressão matemática para uma linha reta é:

$$: y = a_0 + a_1x + E$$

onde  $a_0$  e  $a_1$  são coeficientes que representam a interceptação e o declive da reta, e  $E$  é o erro, ou resíduo, o qual pode ser representado pelo arranjo da equação:

$$E = y - a_0 - a_1x$$

Este resíduo é a discrepância entre o valor verdadeiro de  $y$  e o valor aproximado, predito pela equação linear.

A melhor estratégia para assentar uma reta é minimizar a soma dos quadrados dos resíduos: Este critério tem uma série de vantagens, quando comparado com outros como é referido em Chapra (1985) e Chapra, C.; Canale, R.P. (1985) incluindo o fato de produzir uma única linha a partir de um conjunto de dados.

O método de mínimos quadrados visa ajustar uma curva através de um conjunto de pontos procedentes dos dados de análise, de modo que a soma dos quadrados residuais (a diferença entre o valor observado e o valor da curva ajustada ) tenha um valor mínimo.

Ao utilizar este método, podem ajustar-se diferentes tipos de curvas mediante um conjunto de pontos. Por exemplo, para uma série de medidas de DBO ao longo do tempo sobre a mesma amostra, a equação a seguir será válida para cada um dos  $n$  pontos distintos:

$$\frac{dy}{dt} = K'(L - y_n)$$

desde que  $t$  iguale a  $n$

Nesta equação, se desconhece  $K'$  e  $L$ . Supõe-se que  $dy/dt$  representa o valor da inclinação da curva que deve ajustar-se mediante todos os pontos, para um valor dado de  $K'$  e  $L$ , e devido ao erro experimental, encontraremos que os dois membros da equação acima não são iguais, sendo que diferem entre si por uma quantidade  $R$ . Voltando a escrever a equação acima em função de  $R$ , se tenderá para o caso geral:

$$R = K'(L - y_n) - \frac{dy}{dt}$$

Simplificando-se a equação e utilizando-se a notação  $y'$  para  $dy/dt$ , obtém-se:

$$R = K' L - K' y - y'$$

Substituindo  $a$  por  $K'L$  e  $-b$  por  $K'$ , ficamos com:

$$R = a + b y - y'$$

Que depois de uma série de artifícios algébricos expressasse como:

$$K' = -b \text{ (base } e \text{)}$$

$$L = -a/b$$

### 6.2.7.2 Método de Thomas

Baseia-se na semelhança entre séries de funções. Trata-se de um procedimento gráfico baseado na função:

$$\left(\frac{t}{y}\right)^{1/3} = (2,3KL)^{-1/3} + \left[\frac{K^{2/3}}{3,43L^{1/3}}\right]t$$

Onde  $y$  = DBO medida no intervalo de tempo  $t$ ;

$K$  = Constante de reação na base 10;

$L$  = DBO última.

Esta equação tem a forma de uma linha reta.

$$Z = a + bt$$

Donde  $Z = (t/y)^{1/3}$

$$a = (2,3KL)^{-1/3}$$

$$b = \frac{K^{2/3}}{3,43L^{1/3}}$$

E Z pode então desenhar-se em função de t . A inclinação b e a ordenada na origem a, da linha de melhor ajuste dos dados, pode usar-se para calcular K e L.

$$K = 2,61 b/a$$

$$L = \frac{1}{2,3Ka^3}$$

Para usar este método são necessárias várias observações de y em função de t. As observações não podem ultrapassar os primeiros dez dias devido a interferência produzida pelo nitrogênio.

A confiabilidade destes dois métodos para expressar o coeficiente cinético da DBO foi pesquisada por Guillermo Cutrera em 1998 (Water SA Vol. 25 No. 3 July 1999), onde após vários experimentos pode constatar não ser possível determinar uma superioridade de qualquer um dos métodos, tendo que os dois métodos haviam apresentado boa reprodutibilidade.

No capítulo a seguir apresentamos os resultados das análises de cinco dias com amostragem diária da DBOm e DBOt, bem como mostramos os coeficientes cinéticos ( K e K') das DBO tradicional e modificada.

## **7 Resultados Ajustados a cinco dias de análise**

Os resultados preliminares nos serviram de base para que fosse dada continuidade aos ensaios de DBO com oxigênio puro, sendo que desta vez estabeleceu-se análise diária para uma melhor visualização do comportamento da evolução da curva de DBO, tanto da tradicional, quanto da DBO modificada. Os resultados destas análises, bem como os cálculos relativos aos coeficientes cinéticos da DBO são apresentados a seguir

## 7.1 Resultados Gerais

Abaixo estão apresentados os resultados obtidos dia a dia da DBO modificada (DBOm), da DBO tradicional (DBOt), e da DQO.(tabela 5), referentes a efluente doméstico contendo teor de oxigênio dissolvido da água nutriente entre dois e três mg/l (Dom 2 a 3 mg/l). Os resultados das demais amostras, doméstico Herga (Doma) e industrial (Ind), divididos pelas faixas de oxigênio dissolvido, e mesmo os outros resultados de efluente doméstico, com outros valores de oxigênio dissolvido, encontram-se nos anexos deste trabalho.

A fim de obter uma melhor visualização do fenômeno ocorrido nos ensaios analíticos apresentamos a seguir gráficos do comportamento da DBOm e da DBOt , contraposta a DQO (gráficos 5, 6 e 7).

Pode-se observar no gráfico 5 que a DBOm5 se aproxima substancialmente á DQO, e que os valores de DBOm<sub>i</sub> são sempre maiores do que os da DBO<sub>t</sub><sub>i</sub>. Observa-se também, que no avanço do número de dias de análise, dentro do período de cinco dias, a distância entre os valores de DBOm<sub>i</sub> e DBO<sub>t</sub><sub>i</sub> aumenta.

As observações efetuadas no parágrafo acima são válidas para todos os resultados obtidos neste experimento, e que podem ser consultados nos anexos.

Tabela 5 – Resultados de DQO, DBOm e DBOt.

<b>DQO</b>	<b>DBOm1</b>	<b>DBOm2</b>	<b>DBOm3</b>	<b>DBOm4</b>	<b>DBOm5</b>	<b>DBOt1</b>	<b>DBOt2</b>	<b>DBOt3</b>	<b>DBOt4</b>	<b>DBOt5</b>
529	131	250	326	402	423	87	140	193	258	280
434	123	209	287	317	373	72	124	172	208	239
558	136	277	374	447	485	84	151	206	244	290
578	146	256	382	468	503	85	171	206	271	295
425	111	203	296	311	357	79	129	179	198	238
567	118	245	391	447	471	105	175	235	273	318
580	122	240	376	409	470	84	151	220	274	302
541	147	244	377	414	460	98	161	220	265	298
425	91	197	285	344	366	68	131	164	187	225
489	111	214	308	361	411	73	139	181	220	245
548	155	241	382	423	455	81	140	193	243	279
497	99	239	334	350	398	84	124	189	229	249
528	123	241	363	391	454	80	154	217	257	285
401	94	192	260	283	325	64	117	162	191	213
413	117	191	278	294	335	63	99	145	174	198
460	128	219	290	324	377	70	131	164	206	235
432	101	203	293	346	376	64	110	159	183	220
557	138	223	374	428	446	81	148	220	264	290
555	154	275	368	443	466	88	161	198	255	283
561	120	222	368	421	443	95	172	208	265	297
553	154	274	399	462	481	79	138	187	241	271
571	137	270	378	417	491	88	173	229	283	314
428	105	183	281	318	338	74	129	166	192	231
489	127	201	317	340	386	77	153	201	227	264
413	85	189	258	313	326	61	109	164	199	219
447	99	190	285	365	380	60	120	154	180	215

Gráfico 5 - Resultados Gerais de DQO, DBOm e DBOt

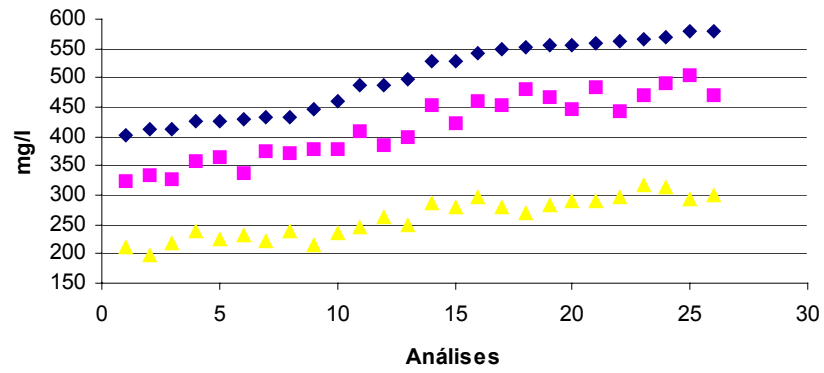


Gráfico 6 - Variação de DQO e DBOm

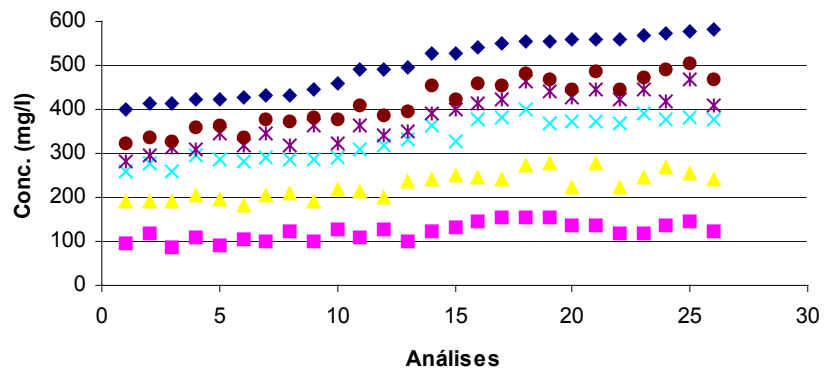
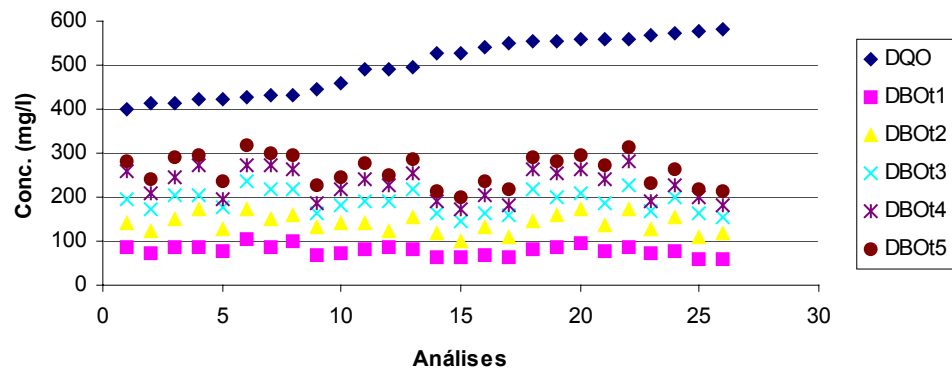




Gráfico 7 - Variação da DQO e DBOt



## 7.2 Cálculo do Coeficiente Cinético ( $K'$ ) – Método de Thomas

### 7.2.1 Método de Thomas para DBOm

Para se definir o coeficiente cinético da função (  $K'$  ), pode-se usar o método de Thomas, que baseia-se na semelhança entre série de funções. Estabelecem-se os valores do tempo em dias e divide-se pela DBOm observada em análise. De posse deste fator pode-se construir um gráfico, onde o melhor ajuste da reta entre os pontos obtidos gerou um o ponto x igual a zero (a) e obteve-se a inclinação desta reta (b).

De modo que:

$$K = 2,61 \text{ b/a}$$

$$\text{Donde } K' = 2,3 K$$

Após ser estabelecido o valor de  $K'$ , foi realizado o teste t-student, com 95% de confiança, e os teste de coeficiente de confiabilidade (teste F), a fim de garantirem um coeficiente cinético mais confiável. Estes testes foram realizados em todos ensaios, como pode ser observado nos anexos.

Abaixo apresentamos valores utilizados no cálculo do coeficiente cinético (  $K'$  ), pelo método de Thomas, e seus coeficientes.

Tabela 6 – Método de Thomas DBOm

<b>DBOm1</b>	<b>DBOm2</b>	<b>DBOm3</b>	<b>DBOm4</b>	<b>DBOm5</b>				
<b>(t/Y)1/3</b>	<b>(t/Y)1/3</b>	<b>(t/Y)1/3</b>	<b>(t/Y)1/3</b>	<b>(t/Y)1/3</b>	<b>Zero</b>	<b>Inclinação</b>	<b>K</b>	<b>K'</b>
0,197	0,200	0,210	0,215	0,228	0,190	0,008	0,106	0,243
0,201	0,212	0,219	0,233	0,237	0,192	0,009	0,127	0,292
0,194	0,193	0,200	0,208	0,218	0,185	0,006	0,086	0,197
0,190	0,198	0,199	0,205	0,215	0,184	0,006	0,080	0,183
0,208	0,214	0,216	0,234	0,241	0,197	0,009	0,113	0,261
0,204	0,201	0,197	0,208	0,220	0,195	0,004	0,051	0,116
0,202	0,203	0,200	0,214	0,220	0,193	0,005	0,065	0,149
0,189	0,202	0,200	0,213	0,222	0,182	0,008	0,108	0,249
0,222	0,216	0,219	0,227	0,239	0,211	0,004	0,055	0,127
0,208	0,211	0,214	0,223	0,230	0,200	0,006	0,073	0,167
0,186	0,202	0,199	0,211	0,222	0,180	0,008	0,118	0,271
0,216	0,203	0,208	0,225	0,233	0,200	0,006	0,072	0,166
0,201	0,203	0,202	0,217	0,222	0,192	0,006	0,077	0,178
0,220	0,219	0,226	0,242	0,249	0,207	0,008	0,103	0,236
0,204	0,219	0,221	0,239	0,246	0,195	0,010	0,139	0,319
0,198	0,209	0,218	0,231	0,237	0,189	0,010	0,136	0,313
0,214	0,214	0,217	0,226	0,237	0,205	0,006	0,073	0,167
0,193	0,208	0,200	0,211	0,224	0,188	0,006	0,088	0,203
0,187	0,194	0,201	0,208	0,221	0,177	0,008	0,121	0,279
0,203	0,208	0,201	0,212	0,224	0,196	0,005	0,062	0,142
0,187	0,194	0,196	0,205	0,218	0,178	0,007	0,110	0,253
0,194	0,195	0,199	0,212	0,217	0,184	0,006	0,090	0,207
0,212	0,222	0,220	0,233	0,245	0,203	0,008	0,099	0,228
0,199	0,215	0,212	0,227	0,235	0,192	0,008	0,115	0,264
0,228	0,219	0,227	0,234	0,248	0,214	0,006	0,068	0,156
0,216	0,219	0,219	0,222	0,236	0,210	0,004	0,053	0,122

**Donde o K' médio da DBOm é igual a 0,219 mais ou menos 0,024**

**Fator F é de 0,03 e C.D. é de 97,0%**

### 7.2.2 Método de Thomas para DBOt

Utilizando-se das mesmas premissas do item 8.1.2.1, estabelecemos o valor de K para o ensaio de DBOt.

Abaixo apresentamos valores utilizados no cálculo do coeficiente cinético (K'), pelo método de Thomas, e seus coeficientes.

Tabela 7 – Método de Thomas DBOti

<b>DBOt1</b>	<b>DBOt2</b>	<b>DBOt3</b>	<b>DBOt4</b>	<b>DBOt5</b>				
<b>(t/y)1/3</b>	<b>(t/y)1/3</b>	<b>(t/y)1/3</b>	<b>(t/y)1/3</b>	<b>(t/y)1/3</b>	<b>Zero</b>	<b>Inclinação</b>	<b>K</b>	<b>K'</b>
0,226	0,243	0,249	0,249	0,261	0,222	0,008	0,091	0,210
0,241	0,253	0,259	0,268	0,276	0,234	0,009	0,095	0,219
0,228	0,237	0,244	0,254	0,258	0,221	0,008	0,092	0,211
0,227	0,227	0,244	0,245	0,257	0,217	0,008	0,094	0,216
0,234	0,250	0,256	0,273	0,276	0,225	0,011	0,125	0,287
0,212	0,225	0,234	0,245	0,251	0,204	0,010	0,123	0,283
0,228	0,237	0,239	0,244	0,255	0,222	0,006	0,072	0,167
0,217	0,232	0,239	0,247	0,256	0,210	0,009	0,117	0,269
0,246	0,248	0,263	0,278	0,281	0,233	0,010	0,112	0,259
0,239	0,243	0,255	0,263	0,273	0,228	0,009	0,102	0,235
0,231	0,243	0,250	0,254	0,262	0,226	0,007	0,084	0,192
0,228	0,252	0,251	0,260	0,272	0,224	0,010	0,111	0,255
0,232	0,235	0,240	0,250	0,260	0,222	0,007	0,082	0,189
0,250	0,258	0,265	0,276	0,287	0,240	0,009	0,098	0,226
0,251	0,272	0,275	0,284	0,293	0,246	0,010	0,103	0,237
0,242	0,248	0,263	0,269	0,277	0,233	0,009	0,102	0,234
0,250	0,263	0,266	0,280	0,283	0,244	0,008	0,089	0,204
0,231	0,238	0,239	0,248	0,258	0,224	0,006	0,075	0,172
0,225	0,231	0,247	0,250	0,260	0,216	0,009	0,108	0,249
0,219	0,226	0,243	0,247	0,256	0,210	0,010	0,118	0,272
0,233	0,244	0,252	0,255	0,264	0,228	0,007	0,083	0,192
0,225	0,226	0,236	0,242	0,252	0,215	0,007	0,084	0,192
0,238	0,249	0,262	0,275	0,279	0,229	0,011	0,122	0,281
0,235	0,235	0,246	0,260	0,267	0,223	0,009	0,102	0,234
0,254	0,263	0,263	0,272	0,284	0,247	0,007	0,073	0,167
0,255	0,255	0,269	0,281	0,286	0,243	0,009	0,093	0,213

**Donde o  $K'$  médio da DBO<sub>m</sub> é igual a 0,234 mais ou menos 0,015**

**Fator F é de 0,012 e C.D. é de 98,8%**

### **7.3 Cálculo do Coeficiente Cinético ( $K'$ ) - Método de Regressão Linear**

A melhor estratégia para assentar uma reta é minimizar a soma dos quadrados dos resíduos: Este critério tem uma série de vantagens, quando comparado com outros como é referido em (Chapra 1985) Chapra, C.; Canale, R.P. (1985) incluindo o fato de produzir uma única linha a partir de um conjunto de dados. Devido a isto, elegeu-se o uso da regressão linear para também estabelecer o coeficiente cinético dos ensaios de DBO, conforme podemos observar nas tabelas a seguir.

#### **7.3.1 Cálculo do Coeficiente Cinético ( $K'$ ) DBO<sub>m</sub> - Método de Regressão Linear**

Abaixo apresentamos a tabela 8 contendo valores de DBO<sub>m</sub> calculados pelos seus logaritmos para aplicação do método de Regressão Linear e seus coeficientes.

Tabela 8 – Método de Regressão Linear

<b>DBOm1</b>	<b>DBOm2</b>	<b>DBOm3</b>	<b>DBOm4</b>	<b>DBOm5</b>	<b>Coefficiente</b>
<b>Ln m1</b>	<b>Ln m2</b>	<b>Ln m3</b>	<b>Ln m4</b>	<b>Ln m5</b>	<b>Km</b>
4,54537	5,25561	5,56010	5,64398	5,78324	0,28641
4,76290	5,25061	5,62640	5,68489	5,81273	0,25339
4,44065	5,24300	5,55200	5,74690	5,78773	0,31981
4,70655	5,31562	5,69141	5,73847	5,87774	0,27652
4,51497	5,28508	5,65280	5,83939	5,90127	0,33269
4,65222	5,20721	5,63707	5,76153	5,82340	0,28967
4,61983	5,31298	5,68070	5,84578	5,92916	0,31515
4,81356	5,34240	5,66086	5,75970	5,92222	0,26346
4,59297	5,24689	5,65236	5,89922	5,94004	0,33465
4,85397	5,38805	5,67141	5,78195	5,93278	0,25515
4,70868	5,36408	5,73033	5,89018	6,01801	0,31448
4,84798	5,30271	5,75819	5,82881	5,95664	0,27434
4,59915	5,47462	5,81109	5,85761	5,98545	0,31556
4,80894	5,48340	5,89513	5,96745	6,11827	0,31027
4,87666	5,52021	5,78648	5,99655	6,04784	0,28187
4,99147	5,49602	5,93245	6,02554	6,13090	0,28084
5,04114	5,48507	5,94559	6,04738	6,11995	0,27199
5,03666	5,61398	5,98977	6,13527	6,17610	0,28002
5,03595	5,61698	5,90889	6,09332	6,14461	0,26937
4,92824	5,40627	5,92507	6,05860	6,09942	0,29947
4,91213	5,62298	5,92373	6,10172	6,18510	0,30247
4,78467	5,40085	5,90767	6,04271	6,09400	0,32605
4,76774	5,50010	5,96770	6,10274	6,15403	0,33752
4,92360	5,59873	5,93520	6,03405	6,19657	0,29812
4,98244	5,54697	5,94587	6,14774	6,22031	0,30765
4,80523	5,47896	5,92916	6,01305	6,15231	0,32282

**Donde o K´médico da DBOm é igual a 0,297 mais ou menos 0,0101**

**Fator F é de 0,089 e C.D. é de 91,0%**

### 7.3.2 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K') DBOt - Método de Regressão Linear

Valores de DBO<sub>mi</sub> calculados pelos seus logaritmos para aplicação do método de Regressão Linear e seus coeficientes

Tabela 9 – Método de Regressão Linear - DBO<sub>ti</sub>

<b>DBOt1</b>	<b>DBOt2</b>	<b>DBOt3</b>	<b>DBOt4</b>	<b>DBOt5</b>	<b>Coeficiente</b>
<b>Ln t1</b>	<b>Ln t2</b>	<b>Ln t3</b>	<b>Ln t4</b>	<b>Ln t5</b>	<b>Kt</b>
4,15511	4,76125	5,08465	5,25372	5,35908	0,29004
4,15004	4,59633	4,97477	5,16165	5,28948	0,28442
4,11560	4,69542	5,10089	5,29426	5,38857	0,31448
4,36361	4,85608	5,18459	5,28594	5,47227	0,26472
4,21324	4,87248	5,10250	5,23088	5,41721	0,27663
4,30350	4,86312	5,11443	5,25661	5,44294	0,26724
4,15721	4,70193	5,06658	5,20875	5,39508	0,29826
4,27123	4,82128	5,14670	5,33595	5,47521	0,29226
4,09562	4,78877	5,04009	5,19424	5,36859	0,29514
4,25391	4,87806	5,10121	5,33005	5,45788	0,28599
4,29524	4,93710	5,19811	5,39385	5,49922	0,28647
4,33830	5,03145	5,30174	5,42535	5,57618	0,28697
4,43663	4,82230	5,24101	5,43206	5,51544	0,27674
4,37994	5,03672	5,37847	5,54755	5,65291	0,30568
4,46493	4,94296	5,26505	5,55273	5,63611	0,29521
4,58692	5,07940	5,39448	5,57905	5,69558	0,27170
4,39506	4,93978	5,26187	5,49367	5,63293	0,30296
4,36413	4,92866	5,23094	5,48547	5,60201	0,30326
4,47444	5,08350	5,28895	5,54026	5,64562	0,27991
4,39567	4,99529	5,39420	5,57433	5,66864	0,31250
4,43256	5,01651	5,32794	5,49608	5,67043	0,29553
4,55541	5,15012	5,33817	5,57831	5,69484	0,27071
4,65188	5,16270	5,45944	5,60972	5,76054	0,26643
4,47659	5,15172	5,43484	5,64419	5,74955	0,30384
4,44835	5,14150	5,32955	5,60285	5,68623	0,29371
4,43614	5,01595	5,39439	5,61479	5,70910	0,31448

**Donde o K' médio da DBOt é igual a 0,290 mais ou menos 0,006**

**Fator F é de 0,055 e C.D. é de 94,4%**

#### **7.4 Cálculo do Coeficiente Cinético ajustado ( km\*) – Método de Regressão Linear**

Para estabelecermos as diferenças de velocidade de reação entre a DBOm e a DBOt, utilizamos um artifício matemático que pretende fixar o inicial de ambas as reações em um só ponto (Lo) e analisar a variação deste ponto inicial até o quinto dia de análise. Na tabela 10 , abaixo, apresentamos valores de DBOmi e DBOti calculados pelos seus logaritmos para aplicação do método de Regressão Linear e seus coeficientes

Tabela 10 – Coeficiente Cinético Ajustado

<b>Ln O</b>	<b>Ln m5</b>	<b>Ln O</b>	<b>Ln t5</b>	<b>Km*</b>	<b>Kt</b>
4,287	6,048	4,287	5,636	0,352	0,270
4,133	5,922	4,133	5,475	0,358	0,268
4,302	6,185	4,302	5,670	0,377	0,274
4,361	6,220	4,361	5,686	0,372	0,265
4,238	5,878	4,238	5,472	0,328	0,247
4,530	6,154	4,530	5,761	0,325	0,246
4,291	6,152	4,291	5,709	0,372	0,284
4,452	6,131	4,452	5,696	0,336	0,249
4,137	5,901	4,137	5,417	0,353	0,256
4,205	6,018	4,205	5,499	0,363	0,259
4,236	6,120	4,236	5,633	0,377	0,279
4,259	5,985	4,259	5,515	0,345	0,251
4,282	6,118	4,282	5,653	0,367	0,274
4,053	5,783	4,053	5,359	0,346	0,261
3,981	5,813	3,981	5,289	0,366	0,262
4,146	5,933	4,146	5,458	0,357	0,262
4,011	5,929	4,011	5,395	0,384	0,277
4,268	6,099	4,268	5,669	0,366	0,280
4,367	6,145	4,367	5,646	0,356	0,256
4,451	6,094	4,451	5,695	0,329	0,249
4,212	6,176	4,212	5,602	0,393	0,278
4,380	6,197	4,380	5,750	0,363	0,274
4,194	5,823	4,194	5,443	0,326	0,250
4,274	5,957	4,274	5,576	0,337	0,260
3,976	5,788	3,976	5,389	0,362	0,283
4,012	5,940	4,012	5,369	0,386	0,271

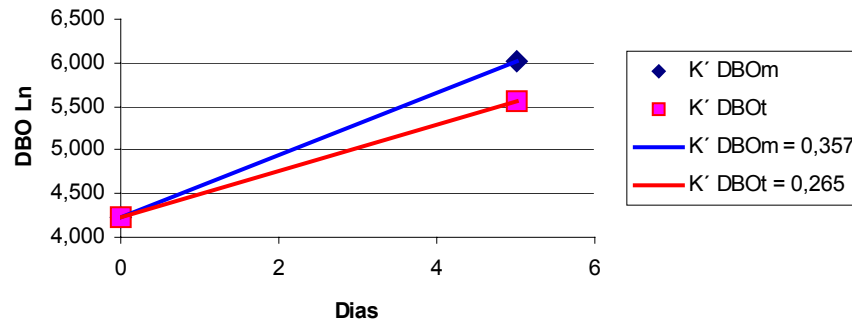
**K' médio para DBOm ajustado é de 0,357 mais ou menos 0,002.**

**K' médio para DBOt é de 0,265 mais ou menos 0,001**

Conforme pode ser observado com o auxílio do gráfico a seguir, construído a partir dos valores médios de Km\* e Kt



**Gráfico 8 - Coeficientes cinéticos (K') ajustados entre DBOm e DBOt**



### 7.5 Fatores de Correlação entre DQO, DBOm e DBOt

Visando estabelecer fatores de correlação entre a DQO, a DBOm e a DBOt, realizou-se razões entre os resultados analíticos, conforme mostrado na tabela 11. Abaixo apresenta-se valores de DQO, DBOm<sub>i</sub>, DBOt<sub>i</sub> e suas razões.

Tabela 11 – Fatores de Correlação

<b>DQO</b>	<b>DBOm5</b>	<b>DBOt5</b>	<b>DQO/DBOm</b>	<b>DQO/DBOt</b>	<b>DBOm/DBOt</b>
529	423	280	1,25	1,89	1,51
434	373	239	1,16	1,82	1,56
558	485	290	1,15	1,92	1,67
578	503	295	1,15	1,96	1,71
425	357	238	1,19	1,79	1,50
567	471	318	1,20	1,79	1,48
580	470	302	1,23	1,92	1,56
541	460	298	1,18	1,82	1,55
425	366	225	1,16	1,89	1,62
489	411	245	1,19	2,00	1,68
548	455	279	1,20	1,96	1,63
497	398	249	1,25	2,00	1,60
528	454	285	1,16	1,85	1,59
401	325	213	1,23	1,89	1,53
413	335	198	1,23	2,08	1,69
460	377	235	1,22	1,96	1,61
432	376	220	1,15	1,96	1,71
557	446	290	1,25	1,92	1,54
555	466	283	1,19	1,96	1,65
561	443	297	1,27	1,89	1,49
553	481	271	1,15	2,04	1,78
571	491	314	1,16	1,82	1,56
428	338	231	1,27	1,85	1,46
489	386	264	1,27	1,85	1,46
413	326	219	1,27	1,89	1,49
447	380	215	1,18	2,08	1,77

**Fator DQO/DBOm = 1,20 mais ou menos 0,017**

**Fator DQO/DBOt = 1,92 mais ou menos 0,034**

**Fator DBOm/DBOt = 1,59 mais ou menos 0,037**

## 7.6 Resultados Consolidados

De modo a facilitar a observação das variações existentes nos resultados das análises em DBOm e DBOt, apresenta-se as tabelas de doze a dezessete, onde podem ser observados tanto os coeficientes cinéticos divididos por tipo de efluente e faixa de oxigênio dissolvido, como os fatores de correlação entre os dois tipos de DBO.

### 7.6.1 Resultados Consolidados – Coeficientes Cinéticos

#### 7.6.1.1 – Coeficientes Cinéticos – DBOm

A seguir, tabela com valores médios consolidados dos coeficientes cinéticos ( K ) obtidos por tipo de efluente em cada faixa de oxigênio dissolvido.

Tabela 12 – Coeficiente Cinético (K) - DBOt

	<b>Km Thomas</b>	<b>C.D.</b>	<b>Km regressão</b>	<b>C.D.</b>
Dom 2 e 3	0,219	0,970	0,297	0,910
Dom 3 e 4	0,218	0,993	0,289	0,970
Dom 4 e 5	0,214	0,990	0,295	0,987
Doma 2 e 3	0,108	0,811	0,342	0,925
Doma 4 e 5	0,357	0,956	0,240	0,944
Ind 2 e 3	0,210	0,934	0,296	0,989
Ind 3 e 4	0,199	0,986	0,300	0,951
Ind 4 e 5	0,344	0,940	0,240	0,991
<b>Média</b>	<b>0,234</b>		<b>0,287</b>	
<b>S</b>	<b>0,0808755</b>		<b>0,0335088</b>	
<b>t-95%</b>	<b>0,0659373</b>		<b>0,0273195</b>	

### 7.6.1.2 – Coeficientes Cinéticos – DBOt

A seguir, tabela com valores médios consolidados dos coeficientes cinéticos ( K ) obtidos por tipo de efluente em cada faixa de oxigênio dissolvido.

Tabela 13 – Coeficiente Cinético (K) - DBOt

	<b>Kt Thomas</b>	<b>C.D.</b>	<b>Kt regressão</b>	<b>C.D.</b>
Dom 2 e 3	0,234	0,988	0,290	0,944
Dom 3 e 4	0,195	0,976	0,295	0,886
Dom 4 e 5	0,250	0,992	0,280	0,934
Doma 2 e 3	0,233	0,958	0,290	0,945
Doma 4 e 5	0,228	0,985	0,288	0,956
Ind 2 e 3	0,075	0,717	0,355	0,938
Ind 3 e 4	0,208	0,967	0,296	0,959
Ind 4 e 5	0,220	0,973	0,292	0,942
<b>Média</b>	<b>0,205</b>		<b>0,298</b>	
<b>S</b>	<b>0,0553068</b>		<b>0,0234506</b>	
<b>t-95%</b>	<b>0,0450913</b>		<b>0,0191191</b>	

### 7.6.2 Coeficientes Cinéticos – Km e Kt ajustados

Valores médios consolidados dos coeficientes cinéticos ( K ) obtidos por tipo de efluente em cada faixa de oxigênio dissolvido. Ajustados ao Lo da DBOt.

Tabela 14 – Coeficientes Cinéticos Ajustados – DBOm e DBOt

	<b>Km ajustado</b>	<b>Kt ajustado</b>
Dom 2 e 3	0,357	0,265
Dom 3 e 4	0,372	0,277
Dom 4 e 5	0,354	0,264
Doma 2 e 3	0,323	0,265
Doma 4 e 5	0,339	0,265
Ind 2 e 3	0,426	0,324
Ind 3 e 4	0,365	0,276
Ind 4 e 5	0,325	0,267
<b>Média</b>	<b>0,358</b>	<b>0,275</b>
<b>S</b>	<b>0,0328631</b>	<b>0,0203184</b>
<b>t-95%</b>	<b>0,0267931</b>	<b>0,0165655</b>

### 7.6.3 Resultados Consolidados – Fatores de Correlação

A seguir tabela com valores médios consolidados da relação entre DQO e DBOm, DQO e DBOt, DBOm e DBOt, valores adimensionais.

Tabela 15 – Fatores de correlação – DQO, DBOm e DBOt

	<b>DQO/DBOm</b>	<b>DQO/DBOt</b>	<b>DBOm/DBOt</b>
Dom 2 e 3	1,20	1,92	1,59
Dom 3 e 4	1,17	1,87	1,61
Dom 4 e 5	1,15	1,78	1,55
Doma 2 e 3	1,25	1,67	1,34
Doma 4 e 5	1,29	1,88	1,46
Ind 2 e 3	1,23	2,06	1,67
Ind 3 e 4	1,26	2,02	1,61
Ind 4 e 5	1,32	1,77	1,35
<b>Média</b>	<b>1,235</b>	<b>1,871</b>	<b>1,523</b>
<b>S</b>	<b>0,059</b>	<b>0,131</b>	<b>0,126</b>
<b>t-95%</b>	<b>0,048</b>	<b>0,106</b>	<b>0,103</b>

#### 7.6.4 Resultados Consolidados – Agrupados por Tipo de Efluente

Valores médios consolidados dos coeficientes cinéticos ( K ), agrupados por tipo de efluente.

Tabela 16 – Resultados Consolidados agrupados por Tipo de Efluente

	<b>DQO/DBOm</b>	<b>DQO/DBOt</b>	<b>DBOm/DBOt</b>
Dom 2 e 3	1,20	1,92	1,59
Dom 3 e 4	1,17	1,87	1,61
Dom 4 e 5	1,15	1,78	1,55
Doma 2 e 3	1,25	1,67	1,34
Doma 4 e 5	1,29	1,88	1,46
Ind 2 e 3	1,23	2,06	1,67
Ind 3 e 4	1,26	2,02	1,61
Ind 4 e 5	1,32	1,77	1,35
<b>Média</b>	<b>1,235</b>	<b>1,871</b>	<b>1,523</b>
<b>S</b>	<b>0,059</b>	<b>0,131</b>	<b>0,126</b>
<b>t-95%</b>	<b>0,048</b>	<b>0,106</b>	<b>0,103</b>

#### 7.6.5 Resultados Consolidados – Agrupados por Faixa de oxigênio dissolvido

Valores médios consolidados dos coeficientes cinéticos ( K ), agrupados faixa de oxigênio dissolvido.

Tabela 17 – Resultados Consolidados agrupados por faixa de oxigênio dissolvido

	<b>Km Thomas</b>	<b>Kt Thomas</b>	<b>Km regressão</b>	<b>Kt regressão</b>
OD 2 a 3	0,215	0,233	0,312	0,311
OD 3 a 4	0,208	0,201	0,295	0,296
OD 4 a 5	0,305	0,233	0,258	0,287

## 8 Análise dos Resultados

A partir dos ensaios realizados pudemos observar os seguintes resultados, como descritos a seguir:

a) 100% dos resultados da DBO modificada (  $DBO_{mi}$  ) foram superiores aos resultados da DBO tradicional (  $DBO_{ti}$  );

b) 99% dos resultados da  $DBO_{ti}$  estão compreendidos entre os valores do segundo e do terceiro dia da DBO modificada (  $DBO_{mi}$  );

c) Os coeficientes cinéticos (  $k'$  ) de ambos ensaios,  $DBO_m$  e  $DBO_t$ , são muito similares, o que demonstra que o comportamento da cinética de biodegradação destes ensaios são também muito similares;

d) Se, por artifício matemático, estabelecermos o  $Lo$  da  $DBO_t$  para ambos procedimentos de análise,  $DBO_t$  e  $DBO_m$ , encontraremos diferenças entre os coeficientes cinéticos, o que justifica os resultados finais de DBO encontrada nas duas técnicas;

e) A relação  $DBO_m/DBO_t$  variou de 1,63 a 1,40; com média de 1,52  $A_{0,10}$ . Desta forma, parece exequível estabelecer um fator único de ajuste entre as duas análises; desde que ressalvada a margem de erro apresentada;

f) O pior resultado para coeficiente cinético,  $K'$  de  $0,108 d^{-1}$ ; da  $DBO_m$  (COD de 0,811), foi a amostra proveniente do efluente doméstico da Herga (Doma 2 e3), e o pior resultado para coeficiente cinético,  $K'$  de  $0,075 d^{-1}$ , da  $DBO_t$  (COD de 0,717); foi a amostra proveniente do efluente industrial da Herga (Ind 2 e3). Embora não possa ser afirmado de forma categórica, é interessante observar que os baixos teores de oxigênio dissolvido na série de amostras Doma 2 e 3, e Ind 2 e 3; podem ter influenciado na capacidade de estabilização da taxa de biodegradação do sistema, ao longo do tempo;

g) Com relação aos coeficientes cinéticos obtidos da  $DBO_m$ , é possível afirmar que nenhum teor de oxigênio dissolvido apresentou superioridade de performance constante e absoluta, pois se por exemplo, no método de Thomas a média do maior coeficiente cinético provém da faixa de oxigênio dissolvido entre 4 e 5 mg/l, no método de regressão linear a média do maior coeficiente cinético provém da faixa de oxigênio dissolvido entre 2 e 3 mg/l;

h) Com relação aos coeficientes cinéticos obtidos da DBO<sub>m</sub>, é possível afirmar que nenhum tipo de efluente teve resultado que apresentasse superioridade de performance constante e absoluta, pois se por exemplo, no método de Thomas a média do maior coeficiente cinético provém do efluente industrial, no método de regressão linear a média do maior coeficiente cinético provém do efluente doméstico;

i) Com relação aos coeficientes cinéticos obtidos da DBO<sub>t</sub>, é possível afirmar que nenhum teor de oxigênio dissolvido apresentou superioridade de performance constante e absoluta, pois se por exemplo, no método de Thomas a média do maior coeficiente cinético provém da faixa de oxigênio dissolvido entre 4 e 5 mg/l, no método de regressão linear a média do maior coeficiente cinético provém da faixa de oxigênio dissolvido entre 2 e 3 mg/l;

j) Com relação aos coeficientes cinéticos obtidos da DBO<sub>t</sub>, é possível afirmar nenhum que nenhum tipo de efluente teve resultado que apresentasse superioridade de performance constante e absoluta, pois se por exemplo, no método de Thomas a média do maior coeficiente cinético provém do efluente doméstico Herga, no método de regressão linear a média do maior coeficiente cinético provém do efluente industrial.

## 9 Conclusão

A técnica de uso de suporte aeróbio por meio de oxigênio puro altera os resultados da análise de DBO, tornando seu valor, maior do que aquele verificado na análise da DBO tradicional. Sendo assim, pode ser utilizada como uma nova técnica de análise que permita identificar de maneira mais eficaz a concentração de substrato orgânico existente num dado efluente.

O comportamento da degradação da DBO, durante os cinco dias de incubação, não apresenta um perfil alterado, logo se pode concluir que os aspectos gerais da cinética de biodegradação, não sofrem variação significativa, ou seja, permanece a aplicabilidade da cinética de primeira ordem.

Estes resultados nos permitem supor que numa estação de tratamento de efluentes por lodos ativados em meio de oxigênio puro, as degradações de DBO são



maiores que aquelas verificadas pelo uso do ar atmosférico, ou seja, conforme a literatura técnica preconiza, este sistema permitiria um menor tempo de detenção hidráulica e/ou uma melhor redução dos valores de DBO no efluente.

O fator de correlação entre a DBO tradicional e a DBO modificada, permitem que se possa estimar a uma DBO modificada a partir da DBO tradicional, e vice-versa.

Os resultados não são suficientemente esclarecedores, de modo que fosse possível estabelecer uma supremacia de nenhum dos métodos de cálculo de coeficiente cinético para DBO, pois tanto o método de Thomas, quanto o método de regressão linear, variaram enormemente no que se refere à confiabilidade.

Os ensaios analíticos que utilizam oxigênio puro para contínuo suporte aeróbio da massa microbiana (análise por HBOD e Biosensor), devem levar em conta que o uso de oxigênio puro, altera de maneira significativa os resultados de análise.

A determinação da capacidade de sofrer tratamento biológico de um efluente é medida normalmente pela relação entre a DQO e a DBO. Com a análise de DBO modificada, insere-se uma nova técnica que permite estimar a relação entre DQO e DBOm, ou seja, a tratabilidade de um efluente por meio de bactérias aeróbias em meio de oxigênio puro.

## **10 Recomendações**

A análise dos resultados propiciou um grupo de conclusões que nos permite recomendar um grupo de ações para avanços no trabalho realizado:

a) Estabelecer a biota existente, quando realizamos a análise de DBO modificada, ou seja, em meio de oxigênio puro, e avaliar uma possível diferença de DBO (Salvado H et al, 1995; S.M Al-Chahwani et al, 1991; Madoni P., 1996).

b) Estudar a diferença de coeficientes cinéticos entre a DBO<sub>t</sub> e a DBOm, tentando estabelecer os fatores responsáveis por esta diferença, principalmente estudar a

importância da diferença de difusividade entre o ar atmosférico e o oxigênio puro, dentro dos flocos biológicos (R. M. Wu, G. W. Tsou, D.J. Lee).

c) Estabelecer o comportamento da DBOm em outros tipos de substratos orgânicos, de efluentes das mais diversas atividades industriais.

d) Estudar o comportamento da DBOm quando submetidas a teores de oxigênio dissolvido acima de cinco mg/l.

Além das recomendações acima, que visam a continuidade dos estudos, deve-se recomendar também um cuidado maior das análises de DBO, ditas tradicionais, que usam oxigênio puro como suporte aeróbio.

Na análise de HBOD, por exemplo, faz-se o controle de pressão através da injeção do oxigênio puro, a fim de manter o oxigênio dissolvido com baixa variação, logo, a análise de HBOD, deveria ser dividida em HBOD com suporte aeróbio de ar atmosférico e HBOD com suporte aeróbio de oxigênio puro. O mesmo deveria ser feito para as análises com bioreatores, que se utilizam de oxigênio puro para oxigenação da massa líquida.

Cabe também recomendar o uso da técnica de DBOm para estudos prévios de tratabilidade de um determinado tipo de efluente, sabendo que com o uso da DBOt, a capacidade de biodegradação deste efluente poderá ser subdimensionada.

## 11 Bibliografia

A. CIUCU, *Bioelectrochemical Methods for Environmental Monitoring*, Roum. Biotechnol. Lett., Vol. 7, N° 3, 2002 , pp 691-704

ABNT, *Determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio – Método de incubação(20 °C, cinco dias)*, NBR12614

ABNT, *Determinação da Demanda Química de Oxigênio – Método de refluxo aberto, refluxo fechado titulométrico e colorimétrico* , NBR10357

ABNT, *Determinação de Oxigênio Dissolvido – Método iodométrico de Winkler e suas modificações*, NBR10559

AIR LIQUIDE ., 1999. *Ventoxal, Wastewater Products, November 2001*  
<<http://www.airliquide.com/ventoxal/>>.

BEHR LABOR TECHNIK, *Mercury-free Determination of Biochemical Oxygen Demand* < <http://www.behr-labor.com/pdf/bsb-respirometrisch-gb.pdf>>

BENEFIELD L, MOLZ F, *Kinetic Model for the Activated-Sludge Process wich Considers Diffusion and Reaction in the Microbial Floc*, Biotechnology and Bionginieering, 25 (11): 2591-2615, 1983

BNDES, *Tratamento de Esgotos Tecnologias Acessíveis*, Informe Infra-Estrutura Área de Projetos de Infra-Estrutura, Novembro 1997, N° 16

BUX F, KASAN HC, *A Microbial Survey of 10 Activated Sludge Plants*, Water AS 20 (1): 61-72, JAN 1994

CLARK J. W e VIESSMAM W (1965)., *Water Supply and Pollution Control*.International Textbook Company pp 387-390.

D.ADRIAN and G. SANDERS , *Oxygen sag equation for second-order BOD decay*; wat. res. Vol.32 , p.p.840-848 (1997 )

G. CUTRERA, *Short communication on the determination of the kinetic parameters for the BOD test* ,Water SA Vol. 25 No. 3 July 1999

GANCZARCZYK, J., *Activated Sludge Process*, pg 4-5, Editora Marcel Dekker, (1985).

JING L. et al., *Immobilised activated sludge based biosensor for biochemical oxygen demand measurement*, Elsevier Science S.A (2000)

J. ZHANG, et al., *A Series Piezoelectric Quartz Crystal Microbial Sensing Technique Used for Biochemical Oxygen Demand Assay in Environmental Monitoring*, Microchemical Journal **62**, 405–412 (1999)

J. BLOK, *A Single Model for Mass Transfer and Growth for Biodegradation Rates in Activated Sludge*, Ecotoxicology and Environmental Safety 48, 148}160 (2001)

K. MORRIS et al. , *Ferricyanide mediated BOD –development of a rapid BOD assay*; Analytica Chimica Acta 442 ( 2001 ) 129-139

LINDE AG, 2000 , *Wastewater and sludge treatment*, December 2001  
<<http://www.linde.com/linpor/>>.

LOGAN, B.E. and G.A. WAGENSELLER., *The HBOD test: a new method for determining biochemical oxygen demand*. *Water Environ. Res.* 65(7):862-868. (1998)

M. CERECEDA et al., *A comparative study of ciliated protozoa communities in activated-sludge plants*, FEMS Microbiology Ecology , 21 , p.p. 267-276 ( 1996 ) ;

METCALF & EDDY, *Wastewater Engineering: treatment, disposal and reuse*.  
Metcalf & Eddy, Inc. 3 ed. 1334pp

NEMEROW N. L, *Scientific Stream Pollution Analysis*, McGraw-Hill. (1974)

N. KHANDAN, *Development of a novel bioreactor configurating for treating airstreams contaminated with organic vapors*, Agricultural, and Geological Engineering Department, New Mexico State University, Las Cruces, New Mexico, Technical Report, February 1999

PHELPS E., B.(1944): *Stream Sanitation*, Wiley, New York

R.M. WU, G.W. TSOU, D.J. LEE, Estimate of sludge floc permeability,  
*Chemical Engineering Journal* 80 (2000) 37–42

RICHARD G. M. and G. BOWMAM, *science bod\_training*  
<http://www.dnr.state.wi.us/org/es/science/lc>

S.BROOKMAM, *Estimation of BOD in slurry and effluents using ultra-violet spectrophotometry*;wat. res. Vol.31 ,n.2 p.p.372-374 (1996 )

S. M. AL-CHAHWANI et al., *The use of protozoa to indicate changes in the performance of activated sludge plants*, Wat. Res . Vol.25, n.6 ,p.p.633-638 ( 1991 );

STANDARD METHODS, *for the Examination of Water and Wastewater*, 19th Edition, American Public Health Association, 1997.

SUNADAM, LALA , *Tecnologies for cleaner enviroment* , pg 3-4 , Editora Praxindia (1996)

TEBBUT, T. H. e BERKUN M.(1976), *Respirometric Determination of BOD*,  
Wat.Res.10, 613-617.

THOMAS (1957), *Hydrology and oxygen economy in stream purification*, *Seminar on Waste Water Treatment and Disposal*, Boston Society of Civil Engineers, Boston, MA, US.

VAN HAANDELI, A., *O comportamento do sistema de lodo ativado*, pg 1, Editora egraf (1999)

VON SPERLING, M.(1991) *Operational Rules for the optimal management of the oxidation ditch process for wastewater treatment*. Conference in Athens, March, 1990.

YOUNG J.C. e CLARK J. W. (1965), *Second Order Equation for BOD*, J. San.Engng. Div. Proc.ASCE 91 SAI 43-57

WRAMPE PETER, *Tecnologies for cleaner enviroment* , pg 8-9 , Editora Praxindia (2000)

# **ANEXO I**

## Anexo I – Efluentes Domésticos

### 1 Efluente Doméstico oxigênio dissolvido entre 3 e 4 mg/l.

#### 1.1 Resultados Gerais

Tabela 1 – Resultados de DQO, DBOmi e DBOti.

DQO	DBOm1	DBOm2	DBOm3	DBOm4	DBOm5	DBOt1	DBOt2	DBOt3	DBOt4	DBOt5
431	120	190	283	357	388	104	180	273	341	220
437	108	197	283	326	358	101	141	216	262	219
450	105	183	288	329	374	78	147	193	251	243
470	113	222	283	356	404	95	140	192	246	244
483	122	219	304	365	406	62	110	167	189	242
509	151	244	345	390	443	100	165	243	285	285
514	124	230	324	363	427	78	164	220	279	278
518	141	219	319	387	456	75	155	203	255	285
522	130	251	344	413	465	85	184	242	300	266
524	125	211	314	395	430	82	146	190	261	288
526	147	220	341	380	431	77	144	197	242	284
535	135	234	342	382	449	88	142	202	268	294
538	153	244	378	407	479	59	109	164	201	285
539	155	247	364	422	485	71	157	202	245	275
550	152	259	367	416	490	100	150	224	268	297
551	164	248	392	426	496	121	181	249	313	287
564	142	255	373	442	491	61	129	165	224	288
564	151	241	361	457	502	74	154	208	242	310
609	182	273	391	466	536	77	139	196	256	341
632	161	269	409	466	518	99	188	241	326	354
647	179	299	391	500	543	90	183	248	327	324
654	167	282	426	524	576	72	130	174	227	360
659	172	298	401	522	573	108	197	279	350	356
665	174	294	404	469	545	123	194	258	351	359
667	183	299	393	509	554	68	125	181	210	374
677	180	279	419	518	582	83	151	202	270	372



Gráfico 1 - Resultados Gerais de DQO, DBOm e DBOt

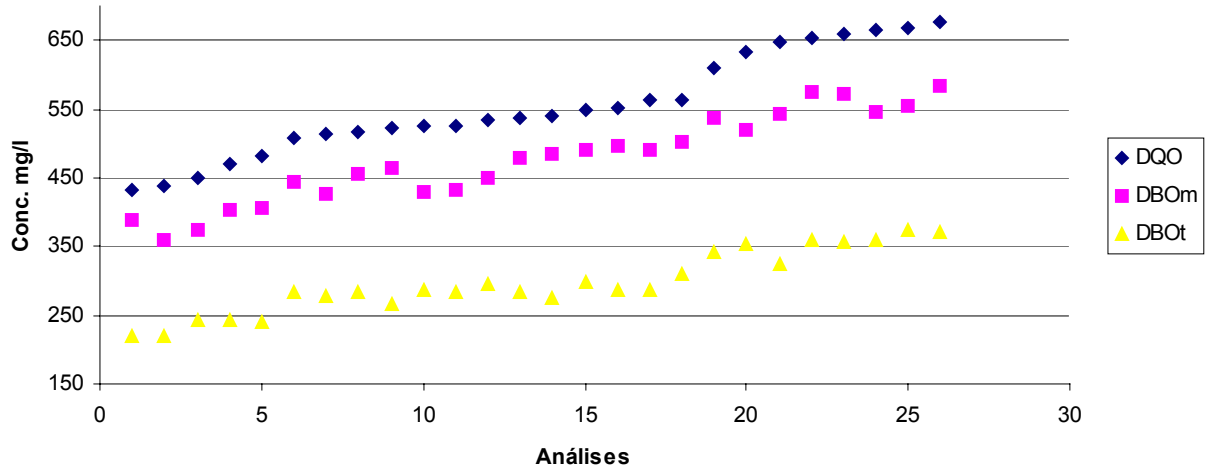


Gráfico 2 - Variação de DQO e DBOm

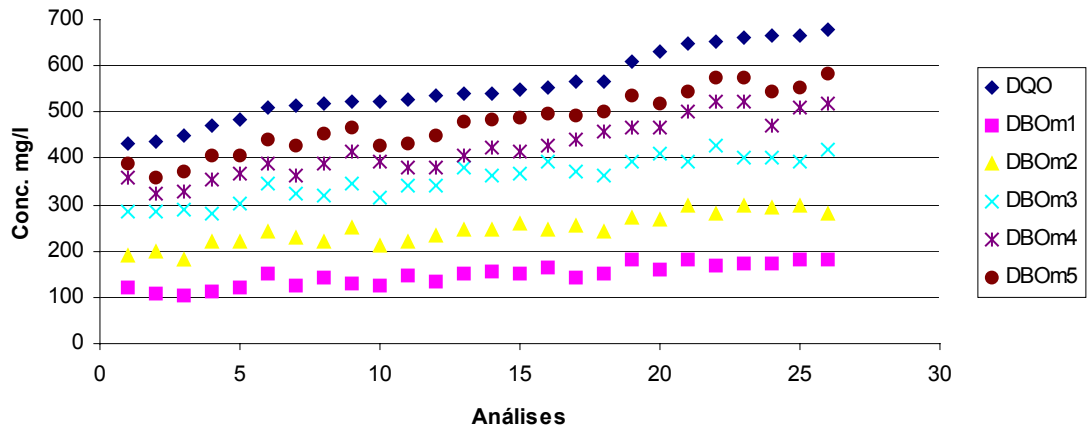
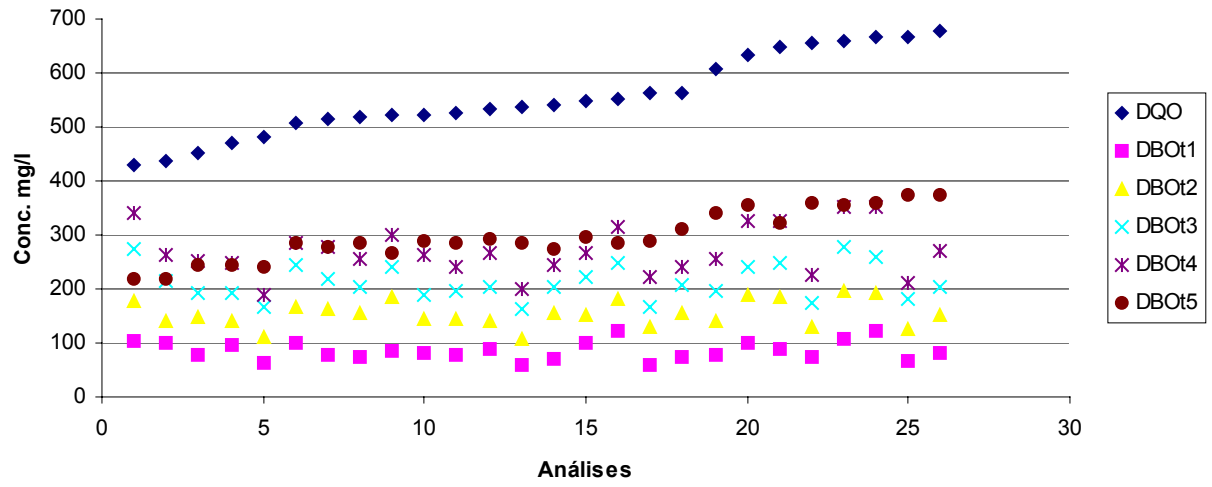


Gráfico 3 - Variação de DQO e DBOti



## 1.2 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K´) – Método de Thomas

### 1.2.1 Método de Thomas para DBOm

**Tabela 2 – Método de Thomas DBOm**

<b>DBOm1</b>	<b>DBOm2</b>	<b>DBOm3</b>	<b>DBOm4</b>	<b>DBOm5</b>	<b>inclinação</b>			
<b>(t/y)1/3</b>	<b>(t/y)1/3</b>	<b>(t/y)1/3</b>	<b>(t/y)1/3</b>	<b>(t/y)1/3</b>		<b>Zero</b>	<b>k</b>	<b>k´</b>
0,179	0,189	0,195	0,204	0,209	0,008	0,173	0,114	0,263
0,192	0,199	0,200	0,208	0,217	0,006	0,185	0,085	0,196
0,200	0,212	0,212	0,216	0,227	0,006	0,196	0,076	0,175
0,183	0,201	0,197	0,211	0,216	0,008	0,178	0,112	0,258
0,203	0,219	0,220	0,224	0,234	0,007	0,199	0,090	0,206
0,177	0,188	0,197	0,200	0,210	0,008	0,172	0,116	0,266
0,188	0,202	0,202	0,206	0,215	0,006	0,185	0,082	0,188
0,201	0,206	0,210	0,223	0,227	0,007	0,192	0,095	0,219
0,176	0,194	0,197	0,205	0,211	0,008	0,173	0,119	0,274
0,186	0,201	0,202	0,212	0,218	0,007	0,181	0,107	0,245
0,197	0,200	0,206	0,213	0,221	0,006	0,189	0,083	0,191
0,192	0,209	0,211	0,218	0,222	0,007	0,190	0,095	0,219
0,210	0,216	0,220	0,231	0,241	0,007	0,201	0,097	0,224
0,188	0,202	0,206	0,217	0,224	0,009	0,181	0,127	0,293
0,195	0,205	0,206	0,219	0,223	0,007	0,188	0,098	0,225
0,180	0,189	0,196	0,197	0,206	0,006	0,175	0,090	0,208
0,212	0,222	0,218	0,230	0,237	0,006	0,206	0,074	0,170
0,187	0,202	0,199	0,214	0,219	0,008	0,181	0,109	0,252
0,190	0,209	0,206	0,219	0,226	0,008	0,185	0,118	0,272
0,184	0,195	0,194	0,205	0,213	0,007	0,178	0,099	0,228
0,182	0,192	0,192	0,197	0,206	0,005	0,178	0,077	0,178
0,202	0,209	0,214	0,222	0,231	0,007	0,194	0,096	0,221
0,177	0,193	0,193	0,198	0,205	0,006	0,175	0,090	0,208
0,176	0,188	0,197	0,199	0,208	0,007	0,171	0,113	0,260
0,207	0,208	0,220	0,224	0,231	0,007	0,198	0,086	0,197
0,187	0,198	0,201	0,213	0,217	0,007	0,181	0,107	0,246

Donde o K´ médio da DBOm é igual a 0,218 A 0,014 d<sup>-1</sup>.

Fator F é de 0,007 e C.D. é de 99,3%

### 1.2.2 Método de Thomas para DBOt

**Tabela 3 – Método de Thomas DBOti**

<b>DBOt1</b>	<b>DBOt2</b>	<b>DBOt3</b>	<b>DBOt4</b>	<b>DBOt5</b>				
<b>(t/y)1/3</b>	<b>(t/y)1/3</b>	<b>(t/y)1/3</b>	<b>(t/y)1/3</b>	<b>(t/y)1/3</b>	<b>inclinação</b>	<b>Zero</b>	<b>k</b>	<b>k'</b>
0,213	0,223	0,222	0,227	0,241	0,006	0,207	0,075	0,174
0,215	0,242	0,240	0,248	0,259	0,009	0,213	0,116	0,266
0,234	0,239	0,250	0,252	0,259	0,006	0,228	0,071	0,164
0,220	0,242	0,250	0,253	0,259	0,009	0,218	0,109	0,250
0,253	0,263	0,262	0,277	0,283	0,007	0,246	0,078	0,180
0,215	0,230	0,231	0,241	0,249	0,008	0,210	0,099	0,227
0,234	0,230	0,239	0,243	0,253	0,005	0,225	0,057	0,131
0,237	0,234	0,246	0,250	0,262	0,007	0,226	0,076	0,175
0,227	0,221	0,231	0,237	0,245	0,005	0,217	0,061	0,140
0,230	0,239	0,251	0,248	0,263	0,008	0,224	0,088	0,202
0,235	0,241	0,248	0,255	0,266	0,008	0,226	0,088	0,202
0,225	0,241	0,246	0,246	0,260	0,008	0,221	0,089	0,206
0,257	0,264	0,264	0,271	0,284	0,006	0,249	0,064	0,148
0,241	0,234	0,246	0,254	0,260	0,006	0,230	0,065	0,150
0,215	0,237	0,238	0,246	0,257	0,009	0,211	0,115	0,263
0,202	0,223	0,229	0,234	0,241	0,009	0,199	0,117	0,270
0,254	0,249	0,263	0,262	0,274	0,005	0,245	0,055	0,126
0,238	0,235	0,243	0,255	0,260	0,006	0,227	0,072	0,167
0,235	0,243	0,248	0,250	0,260	0,006	0,230	0,064	0,147
0,216	0,220	0,232	0,231	0,242	0,006	0,210	0,077	0,177
0,223	0,222	0,229	0,230	0,240	0,004	0,216	0,052	0,120
0,240	0,248	0,258	0,260	0,275	0,008	0,232	0,091	0,210
0,210	0,216	0,221	0,225	0,238	0,006	0,203	0,083	0,190
0,201	0,218	0,227	0,225	0,237	0,008	0,197	0,106	0,245
0,244	0,252	0,255	0,267	0,273	0,007	0,237	0,080	0,185
0,229	0,236	0,246	0,246	0,256	0,006	0,224	0,074	0,171

Donde o  $K'$  médio da DBOt é igual a 0,195 A 0,018  $d^{-1}$ .

Fator F é de 0,024 e C.D. é de 97,6%

### 1.3 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) - Método de Regressão Linear

#### 1.3.1 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) DBOm - Método de Regressão Linear

Tabela 4 – Método de Regressão Linear

<b>DBOm1</b>	<b>DBOm2</b>	<b>DBOm3</b>	<b>DBOm4</b>	<b>DBOm5</b>	<b>Coeficiente</b>
<b>Ln m1</b>	<b>Ln m2</b>	<b>Ln m3</b>	<b>Ln m4</b>	<b>Ln m5</b>	<b>Km</b>
4,78956	5,24740	5,64604	5,87737	5,96075	0,29723
4,67751	5,28365	5,64576	5,78717	5,88148	0,29115
4,64995	5,20957	5,66155	5,79508	5,92292	0,31314
4,72894	5,40407	5,64523	5,87408	6,00191	0,30159
4,80169	5,38948	5,71798	5,90030	6,00566	0,29188
5,01438	5,49535	5,84472	5,96535	6,09319	0,26276
4,81802	5,43971	5,78146	5,89337	6,05589	0,29294
4,95096	5,38817	5,76547	5,95962	6,12214	0,29138
4,86817	5,52495	5,84003	6,02460	6,14113	0,30456
4,82517	5,34969	5,74833	5,97966	6,06304	0,31057
4,98804	5,39351	5,83113	5,93902	6,06685	0,27031
4,90394	5,45399	5,83348	5,94539	6,10791	0,28994
5,03189	5,49798	5,93560	6,00881	6,17132	0,27897
5,04492	5,51101	5,89667	6,04509	6,18436	0,28130
5,02220	5,55851	5,90570	6,03087	6,19338	0,28147
5,09771	5,51323	5,97065	6,05555	6,20637	0,27596
4,95792	5,54187	5,92136	6,09043	6,19579	0,30243
5,01455	5,48455	5,89002	6,12421	6,21852	0,30476
5,20518	5,61064	5,96927	6,14472	6,28398	0,26917
5,07926	5,59651	6,01472	6,14508	6,25044	0,28909
5,18933	5,70016	5,96949	6,21461	6,29799	0,27318
5,11740	5,64192	6,05417	6,26096	6,35527	0,30948
5,14749	5,69753	5,99479	6,25715	6,35146	0,29676
5,16190	5,68515	6,00023	6,15051	6,30134	0,27442
5,20780	5,70027	5,97397	6,23308	6,31646	0,27501
5,19567	5,63288	6,03834	6,25031	6,36685	0,29598

Donde o K' médio da DBOm é igual a 0,289 A 0,006 d<sup>-1</sup>.

Fator F é de 0,030 e C.D. é de 97,0%

### 1.3.2 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) DBOt - Método de Regressão Linear

**Tabela 5 – Método de Regressão Linear - DBOti**

<b>DBOt1</b>	<b>DBOt2</b>	<b>DBOt3</b>	<b>DBOt4</b>	<b>DBOt5</b>	<b>Coeficiente</b>
<b>Ln t1</b>	<b>Ln t2</b>	<b>Ln t3</b>	<b>Ln t4</b>	<b>Ln t5</b>	<b>Kt</b>
4,64573	5,19045	5,60916	5,39276	5,83231	0,25755
4,61189	4,94836	5,37403	5,38679	5,56740	0,23494
4,35432	4,99031	5,26318	5,49306	5,52439	0,28429
4,54915	4,94446	5,25733	5,49881	5,50699	0,24700
4,11980	4,69962	5,11833	5,48687	5,24194	0,30315
4,60802	5,10585	5,49152	5,65263	5,65137	0,26335
4,35092	5,10234	5,39473	5,62604	5,63186	0,30856
4,31670	5,04622	5,31133	5,65214	5,54266	0,30578
4,44571	5,21581	5,48951	5,58432	5,70417	0,28854
4,41240	4,98149	5,24531	5,66365	5,56508	0,29875
4,34645	4,96814	5,28322	5,64912	5,49001	0,29681
4,48096	4,95899	5,30965	5,68443	5,59026	0,29441
4,07745	4,69364	5,09910	5,65298	5,30340	0,34112
4,26634	5,05479	5,31014	5,61637	5,50181	0,30325
4,60562	5,01109	5,40999	5,69373	5,59012	0,26516
4,79573	5,20119	5,51786	5,65781	5,74670	0,23586
4,10677	4,85818	5,10740	5,66171	5,40968	0,34094
4,30591	5,03679	5,33827	5,73722	5,49046	0,30695
4,33978	4,93577	5,27805	5,83200	5,54375	0,33042
4,59611	5,23419	5,48341	5,86907	5,78569	0,30140
4,49898	5,21193	5,51421	5,77920	5,79096	0,31512
4,28290	4,87068	5,15837	5,88527	5,42499	0,32988
4,68196	5,28496	5,63215	5,87454	5,85796	0,29416
4,81431	5,26905	5,55191	5,88360	5,86110	0,27081
4,22584	4,82546	5,19770	5,92297	5,34798	0,33418
4,42077	5,02039	5,30807	5,91983	5,59942	0,32568

Donde o K' médio da DBOt é igual a 0,295 A 0,012 d<sup>-1</sup>

Fator F é de e C.D. é de %

#### 1.4 Cálculo do Coeficiente Cinético ajustado ( km\*) – Método de Regressão Linear

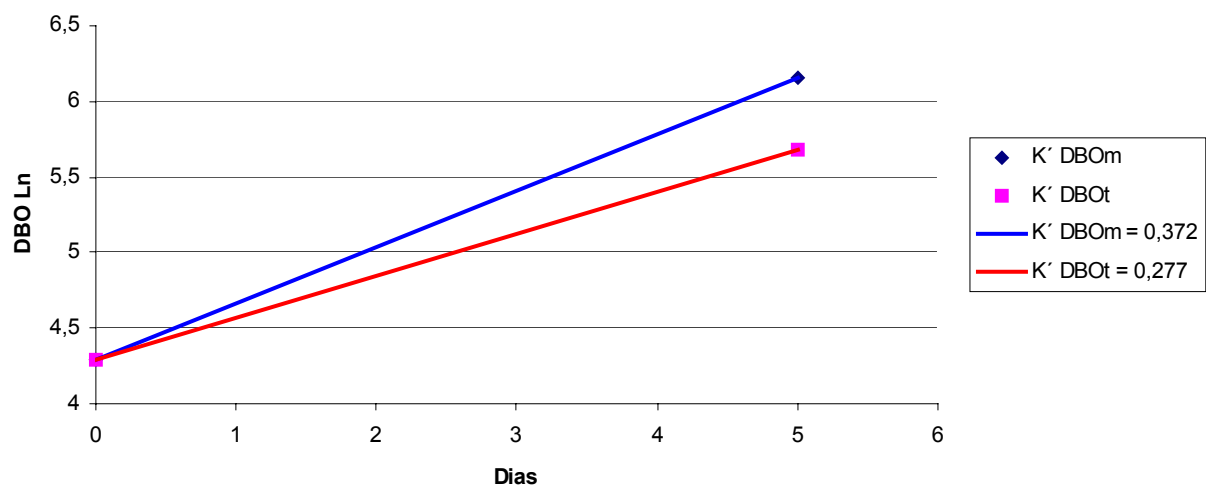
**Tabela 6 – Coeficiente Cinético Ajustado**

<b>DBOt0</b>	<b>DBOm5</b>	<b>DBOt0</b>	<b>DBOt5</b>	<b>inclinação</b>	<b>Inclinação</b>
<b>Ln t0</b>	<b>Ln m5</b>	<b>Ln t0</b>	<b>Ln t5</b>	<b>Km ajustado</b>	<b>Kt Ajustado</b>
4,49697	6,30134	4,49697	5,88360	0,36087	0,27733
4,41707	6,19579	4,41707	5,66171	0,35574	0,24893
4,21335	6,06304	4,21335	5,66365	0,36994	0,29006
4,34919	6,20637	4,34919	5,65781	0,37144	0,26172
3,98801	5,96075	3,98801	5,39276	0,39455	0,28095
4,46083	6,29799	4,46083	5,77920	0,36743	0,26367
4,25278	6,21852	4,25278	5,73722	0,39315	0,29689
4,23406	6,05589	4,23406	5,62604	0,36437	0,27840
4,35916	6,28398	4,35916	5,83200	0,38497	0,29457
4,26667	6,18436	4,26667	5,61637	0,38354	0,26994
4,23514	6,14113	4,23514	5,58432	0,38120	0,26984
4,30631	6,12214	4,30631	5,65214	0,36317	0,26917
3,94355	5,88148	3,94355	5,38679	0,38759	0,28865
4,19126	6,09319	4,19126	5,65263	0,38039	0,29227
4,43925	6,10791	4,43925	5,68443	0,33373	0,24904
4,61627	6,35146	4,61627	5,87454	0,34704	0,25165
3,99779	5,92292	3,99779	5,49306	0,38503	0,29905
4,22054	6,17132	4,22054	5,65298	0,39016	0,28649
4,18130	6,06685	4,18130	5,64912	0,37711	0,29356
4,46446	6,25044	4,46446	5,86907	0,35719	0,28092
4,37478	6,35527	4,37478	5,88527	0,39610	0,30210
4,15608	6,00566	4,15608	5,48687	0,36992	0,26616
4,56075	6,36685	4,56075	5,91983	0,36122	0,27182
4,64105	6,31646	4,64105	5,92297	0,33508	0,25638
4,09862	6,00191	4,09862	5,49881	0,38066	0,28004
4,27099	6,19338	4,27099	5,69373	0,38448	0,28455

**K' médio para DBOm ajustado é de 0,372 A 0,007 d<sup>-1</sup>.**

**K' médio para DBOt é de 0,277 A 0,006**

Gráfico 4 - Coeficientes Cinéticos ( K' ) ajustados entre DBOm e DBOt





## 1.5 Fatores de Correlação entre DQO, DBOm e DBOt

**Tabela 7 – Fatores de Correlação**

<b>DQO</b>	<b>DBOm5</b>	<b>DBOt5</b>	<b>DQO/DBOm</b>	<b>DQO/DBOt</b>	<b>DBOm/DBOt</b>
431	388	220	1,11	1,96	1,76
437	358	219	1,22	2,00	1,64
450	374	243	1,20	1,85	1,54
470	404	244	1,16	1,92	1,65
483	406	242	1,19	2,00	1,68
509	443	285	1,15	1,79	1,55
514	427	278	1,20	1,85	1,54
518	456	285	1,14	1,82	1,60
522	465	266	1,12	1,96	1,75
524	430	288	1,22	1,82	1,49
526	431	284	1,22	1,85	1,52
535	449	294	1,19	1,82	1,53
538	479	285	1,12	1,89	1,68
539	485	275	1,11	1,96	1,76
550	490	297	1,12	1,85	1,65
551	496	287	1,11	1,92	1,73
564	491	288	1,15	1,96	1,71
564	502	310	1,12	1,82	1,62
609	536	341	1,14	1,79	1,57
632	518	354	1,22	1,79	1,46
647	543	324	1,19	2,00	1,68
654	576	360	1,14	1,82	1,60
659	573	356	1,15	1,85	1,61
665	545	359	1,22	1,85	1,52
667	554	374	1,20	1,79	1,48
677	582	372	1,16	1,82	1,56

**Fator DQO/DBOm = 1,17 A 0,016**

**Fator DQO/DBOt = 1,87 A 0,030**

**Fator DBOm/DBOt = 1,61 A 0,036**

## 2 Efluente Doméstico oxigênio dissolvido entre 4 e 5 mg/l.

### 2.1 Resultados Gerais

**Tabela 8 – Resultados de DQO, DBOm<sub>i</sub> e DBOt<sub>i</sub>.**

<b>DQO</b>	<b>DBOm1</b>	<b>DBOm2</b>	<b>DBOm3</b>	<b>DBOm4</b>	<b>DBOm5</b>	<b>DBOt1</b>	<b>DBOt2</b>	<b>DBOt3</b>	<b>DBOt4</b>	<b>DBOt5</b>
479	115	195	306	342	398	81	158	214	261	278
484	136	243	328	375	426	99	154	227	270	290
484	121	213	309	354	402	86	152	191	246	261
485	105	197	294	358	403	85	141	195	231	257
508	137	247	307	393	427	93	154	214	258	274
509	123	224	321	359	422	100	168	210	272	295
513	128	247	318	397	441	82	155	196	234	272
521	117	221	311	368	432	90	163	217	264	281
522	155	268	352	399	470	106	166	241	272	313
531	151	269	331	440	473	99	178	233	284	319
544	134	228	335	401	446	109	161	245	270	310
552	133	246	373	457	491	99	166	245	298	331
553	141	257	347	458	503	90	173	253	295	321
558	164	293	395	452	513	84	162	206	250	290
568	158	250	373	440	511	86	156	242	282	307
571	117	253	361	431	468	107	163	231	286	325
574	143	261	373	444	511	102	164	245	270	310
580	138	256	355	419	493	110	175	270	315	342
583	149	248	357	451	496	106	152	233	264	303
585	172	296	388	463	538	114	193	252	324	345
587	166	294	374	491	534	109	191	262	293	340
607	161	252	353	453	504	111	197	266	322	346
622	183	320	429	504	572	112	188	274	325	361
632	147	272	413	489	544	103	194	264	334	367
636	176	304	445	521	585	115	178	248	318	350
637	170	307	378	509	548	111	196	243	297	338

Gráfico 5 - Resultados Gerais de DQO, DBOm e DBOt

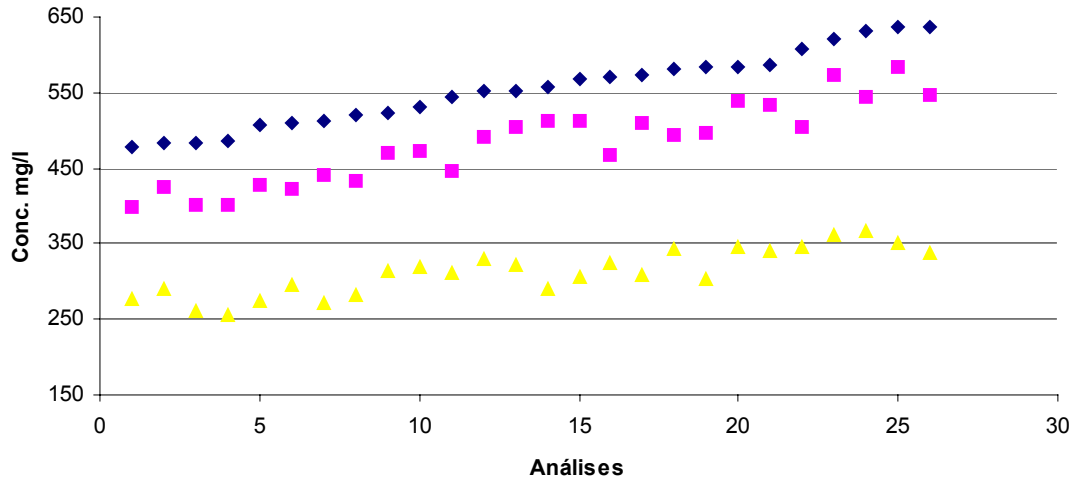


Gráfico 6 - Variação de DQO e DBOm

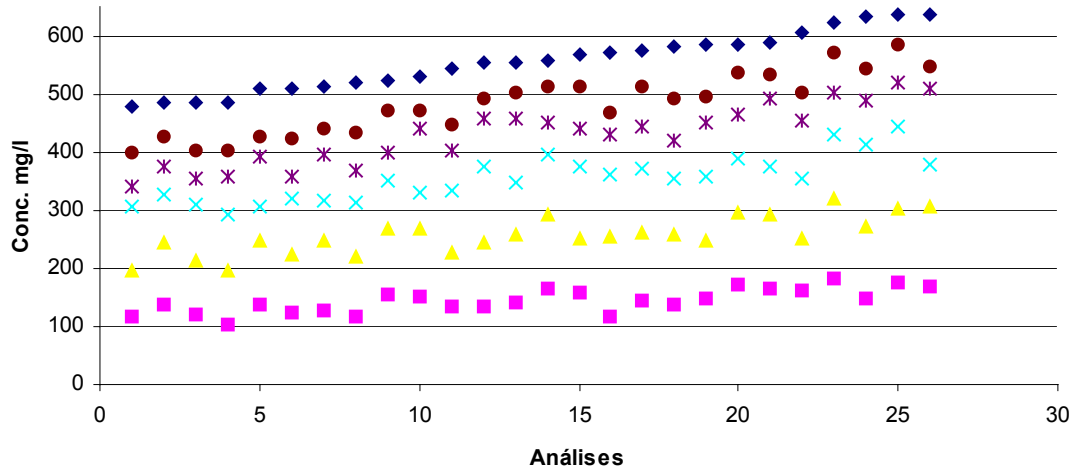
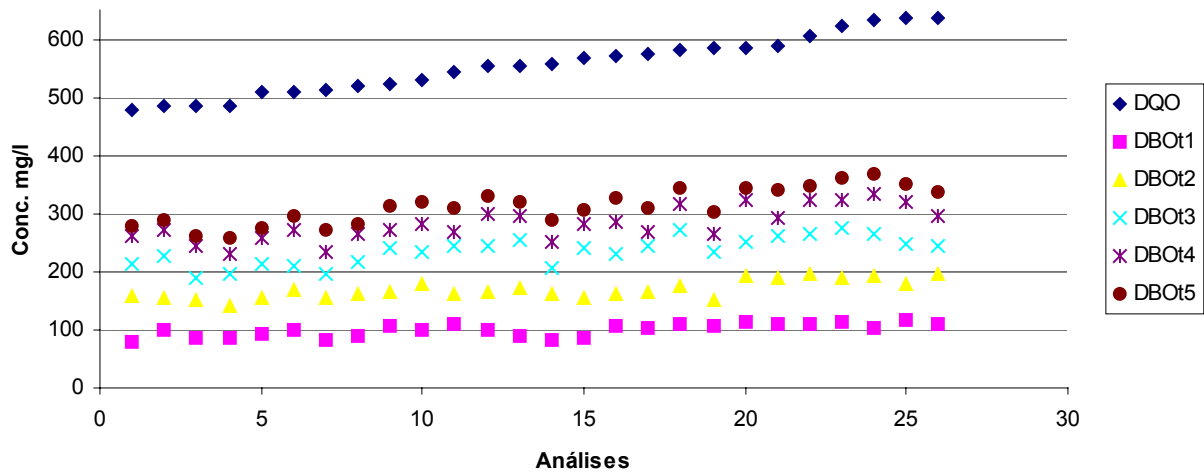


Gráfico 7 - Variação de DQO e DBOt



## 2.2 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K´) – Método de Thomas

### 2.2.1 Método de Thomas para DBOm

**Tabela 9 – Método de Thomas DBOm**

DBOm1	DBOm2	DBOm3	DBOm4	DBOm5	Inclinaçã o	Zero	k	k´
(t/y)1/3	(t/y)1/3	(t/y)1/3	(t/y)1/3	(t/y)1/3				
0,183	0,190	0,197	0,207	0,214	0,008	0,174	0,118	0,272
0,196	0,206	0,208	0,215	0,224	0,007	0,190	0,090	0,206
0,212	0,216	0,217	0,224	0,232	0,005	0,206	0,058	0,133
0,181	0,187	0,199	0,199	0,209	0,007	0,174	0,103	0,237
0,193	0,198	0,204	0,212	0,216	0,006	0,187	0,083	0,192
0,194	0,202	0,209	0,220	0,227	0,008	0,185	0,118	0,272
0,204	0,199	0,203	0,210	0,220	0,004	0,195	0,057	0,131
0,180	0,189	0,198	0,205	0,210	0,008	0,173	0,116	0,267
0,196	0,201	0,200	0,206	0,217	0,005	0,190	0,063	0,146
0,185	0,200	0,200	0,209	0,214	0,007	0,181	0,096	0,222
0,179	0,187	0,189	0,197	0,204	0,006	0,173	0,093	0,214
0,176	0,184	0,191	0,200	0,206	0,008	0,169	0,116	0,267
0,205	0,217	0,214	0,227	0,233	0,006	0,200	0,083	0,192
0,205	0,209	0,213	0,222	0,226	0,006	0,198	0,074	0,170
0,182	0,190	0,200	0,201	0,211	0,007	0,176	0,102	0,235
0,190	0,195	0,194	0,201	0,210	0,005	0,184	0,067	0,153
0,198	0,201	0,211	0,216	0,225	0,007	0,190	0,093	0,213
0,186	0,195	0,204	0,216	0,220	0,009	0,178	0,129	0,296
0,191	0,197	0,200	0,208	0,214	0,006	0,185	0,079	0,182
0,188	0,195	0,209	0,209	0,220	0,008	0,181	0,112	0,257
0,189	0,201	0,203	0,207	0,216	0,006	0,185	0,086	0,198
0,194	0,201	0,214	0,217	0,227	0,008	0,186	0,115	0,265
0,192	0,198	0,205	0,206	0,215	0,005	0,187	0,074	0,171
0,202	0,211	0,213	0,225	0,232	0,007	0,195	0,097	0,222
0,201	0,207	0,211	0,223	0,228	0,007	0,193	0,093	0,214
0,184	0,199	0,204	0,207	0,215	0,007	0,181	0,100	0,230

Donde o K´médio da DBOm é igual a 0,214 A 0,019 d<sup>-1</sup>.

Fator F é de 0,009 e C.D. é de 99,1%

## 2.2.2 Método de Thomas para DBOt

**Tabela 10 – Método de Thomas DBOt<sub>i</sub>**

<b>DBOt1</b>	<b>DBOt2</b>	<b>DBOt3</b>	<b>DBOt4</b>	<b>DBOt5</b>				
<b>(t/y)<sup>1/3</sup></b>	<b>(t/y)<sup>1/3</sup></b>	<b>(t/y)<sup>1/3</sup></b>	<b>(t/y)<sup>1/3</sup></b>	<b>(t/y)<sup>1/3</sup></b>	<b>Inclinação</b>	<b>Zero</b>	<b>k</b>	<b>k'</b>
					<b>o</b>			
0,228	0,231	0,244	0,252	0,258	0,008	0,218	0,097	0,224
0,210	0,231	0,231	0,246	0,253	0,010	0,204	0,128	0,295
0,228	0,242	0,249	0,259	0,269	0,010	0,219	0,118	0,272
0,208	0,217	0,231	0,238	0,246	0,010	0,199	0,127	0,291
0,209	0,225	0,223	0,233	0,244	0,008	0,203	0,101	0,233
0,216	0,235	0,237	0,246	0,258	0,009	0,210	0,117	0,269
0,210	0,231	0,235	0,241	0,249	0,009	0,207	0,109	0,251
0,206	0,218	0,228	0,231	0,244	0,009	0,199	0,115	0,266
0,216	0,229	0,230	0,238	0,247	0,007	0,211	0,087	0,201
0,227	0,234	0,231	0,242	0,254	0,006	0,219	0,074	0,170
0,205	0,224	0,229	0,232	0,243	0,008	0,202	0,108	0,248
0,208	0,220	0,222	0,231	0,240	0,008	0,201	0,099	0,227
0,232	0,233	0,241	0,248	0,262	0,008	0,220	0,091	0,209
0,223	0,231	0,240	0,247	0,261	0,009	0,213	0,113	0,261
0,209	0,219	0,225	0,239	0,245	0,009	0,200	0,119	0,273
0,214	0,218	0,225	0,229	0,239	0,006	0,206	0,079	0,181
0,231	0,235	0,248	0,258	0,264	0,009	0,220	0,107	0,245
0,211	0,229	0,232	0,245	0,252	0,010	0,205	0,124	0,285
0,214	0,230	0,231	0,246	0,253	0,009	0,207	0,118	0,271
0,216	0,224	0,235	0,242	0,250	0,009	0,208	0,108	0,248
0,211	0,236	0,234	0,248	0,255	0,010	0,207	0,123	0,283
0,221	0,235	0,241	0,249	0,263	0,010	0,212	0,122	0,282
0,223	0,226	0,228	0,238	0,250	0,007	0,213	0,080	0,184
0,226	0,236	0,251	0,253	0,267	0,010	0,217	0,120	0,275
0,215	0,228	0,243	0,245	0,257	0,010	0,208	0,126	0,290
0,208	0,216	0,224	0,232	0,244	0,009	0,199	0,113	0,259

Donde o  $K'$  médio da DBOt é igual a 0,250 A 0,015 d<sup>-1</sup>.

Fator F é de 0,008 e C.D. é de 99,2%

## 2.3 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) - Método de Regressão Linear

### 2.3.1 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) DBOm - Método de Regressão Linear

Tabela 11 – Método de Regressão Linear

DBOm1	DBOm2	DBOm3	DBOm4	DBOm5	Coefficiente
Ln m1	Ln m2	Ln m3	Ln m4	Ln m5	Km
4,74750	5,27202	5,72401	5,83455	5,98537	0,30383
4,91482	5,49213	5,79289	5,92642	6,05425	0,27132
4,79178	5,36088	5,73439	5,86792	5,99576	0,29150
4,65075	5,28447	5,68311	5,88129	5,99782	0,32910
4,91669	5,51140	5,72762	5,97275	6,05613	0,27402
4,80824	5,41124	5,77168	5,88360	6,04612	0,29481
4,85158	5,50963	5,76095	5,98409	6,08945	0,29502
4,76009	5,39608	5,74092	5,90690	6,06942	0,31295
5,04364	5,59019	5,86462	5,98979	6,15231	0,26169
5,01879	5,59611	5,80155	6,08566	6,15823	0,27684
4,89653	5,42715	5,81282	5,99514	6,10050	0,29759
4,88768	5,50387	5,92258	6,12444	6,19701	0,32392
4,94808	5,54770	5,84998	6,12674	6,22105	0,31250
5,10154	5,67886	5,97961	6,11314	6,24098	0,27132
5,06558	5,52341	5,92205	6,08594	6,23676	0,29049
4,76264	5,53275	5,88757	6,06556	6,14894	0,33054
4,96313	5,56275	5,92138	6,09683	6,23610	0,30800
4,92754	5,54658	5,87201	6,03799	6,20051	0,30373
5,00170	5,51252	5,87716	6,11136	6,20567	0,30068
5,14880	5,69039	5,95973	6,13741	6,28823	0,27259
5,10953	5,68288	5,92404	6,19733	6,28071	0,28568
5,08276	5,52905	5,86552	6,11684	6,22220	0,28667
5,21012	5,76974	6,06188	6,22173	6,34956	0,27309
4,98873	5,60492	6,02363	6,19271	6,29807	0,32065
5,16784	5,71789	6,09738	6,25528	6,37182	0,29453
5,13476	5,72613	5,93488	6,23338	6,30595	0,28496

Donde o K' médio da DBOm é igual a 0,295 A 0,008 d<sup>-1</sup>.

Fator F é de 0,013 e C.D. é de 98,7%

### 2.3.2 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) DBOt - Método de Regressão Linear

**Tabela 12 – Método de Regressão Linear - DBOti**

<b>DBOt1</b>	<b>DBOt2</b>	<b>DBOt3</b>	<b>DBOt4</b>	<b>DBOt5</b>	<b>Coeficiente</b>
<b>Ln t1</b>	<b>Ln t2</b>	<b>Ln t3</b>	<b>Ln t4</b>	<b>Ln t5</b>	<b>Kt</b>
4,38910	5,06485	5,36561	5,56510	5,62697	0,29760
4,59245	5,03638	5,42280	5,59869	5,67126	0,27199
4,45724	5,02117	5,25119	5,50402	5,56590	0,27002
4,44061	4,95143	5,27483	5,44391	5,54927	0,27098
4,53549	5,03448	5,36583	5,55242	5,61430	0,26756
4,60891	5,12560	5,34523	5,60434	5,68772	0,26364
4,40142	5,04328	5,27689	5,45457	5,60540	0,28192
4,50013	5,09484	5,37820	5,57769	5,63956	0,27617
4,66803	5,11196	5,48548	5,60758	5,74684	0,26532
4,59275	5,18412	5,44923	5,64740	5,76394	0,28057
4,68701	5,08290	5,50111	5,59757	5,73683	0,26143
4,59875	5,10958	5,50162	5,69736	5,80272	0,29957
4,49767	5,15444	5,53491	5,68725	5,77063	0,30787
4,43256	5,09061	5,32794	5,51961	5,67043	0,29047
4,45297	5,05259	5,49021	5,64255	5,72594	0,31359
4,67661	5,09212	5,44278	5,65744	5,78527	0,27826
4,62778	5,10156	5,50072	5,59718	5,73644	0,27129
4,69596	5,16205	5,59967	5,75201	5,83540	0,28688
4,66444	5,02111	5,45290	5,57500	5,71426	0,26535
4,73532	5,26416	5,52927	5,78210	5,84398	0,27353
4,69086	5,25048	5,56893	5,67947	5,83030	0,27079
4,70698	5,28429	5,58505	5,77384	5,84641	0,27684
4,71703	5,23429	5,61378	5,78285	5,88821	0,28909
4,63120	5,26928	5,57566	5,80985	5,90416	0,30865
4,74870	5,18402	5,51487	5,76305	5,85736	0,27964
4,71323	5,27716	5,49339	5,69406	5,82189	0,26342

Donde o K' médio da DBOt é igual a 0,280 A 0,006 d<sup>-1</sup>

Fator F é de 0,065 e C.D. é de 93,5%



## 2.4 Cálculo do Coeficiente Cinético ajustado ( km\*) – Método de Regressão Linear

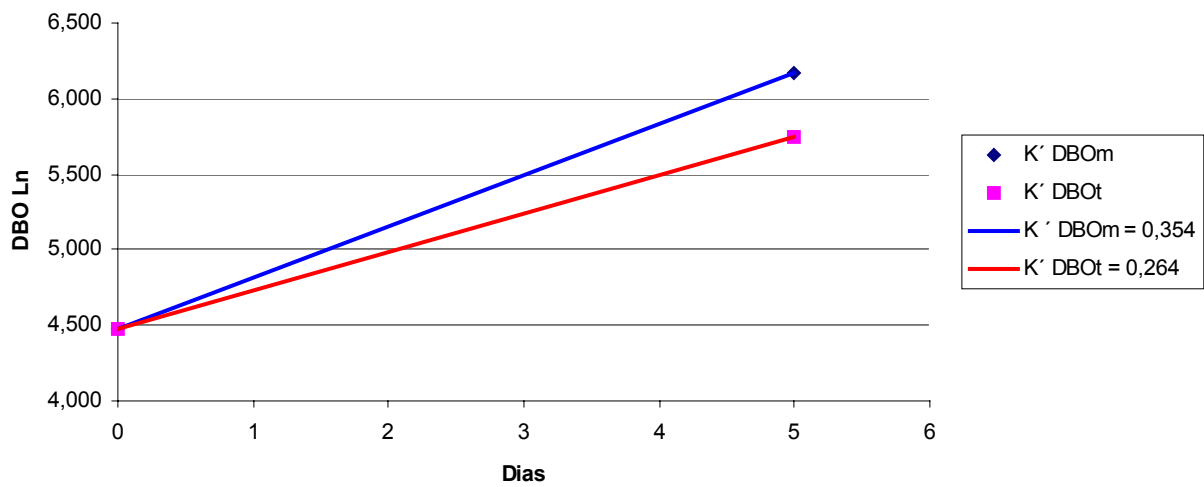
**Tabela 13 – Coeficiente Cinético Ajustado**

<b>DBOt0</b>	<b>DBOm5</b>	<b>DBOt0</b>	<b>DBOt5</b>	<b>Inclinação</b>	<b>Inclinação</b>
<b>Ln t 0</b>	<b>Ln m5</b>	<b>Ln t 0</b>	<b>Ln t5</b>	<b>Km Ajustado</b>	<b>Kt Ajustado</b>
4,337	6,241	4,337	5,670	0,381	0,267
4,537	6,100	4,537	5,737	0,313	0,240
4,319	5,998	4,319	5,549	0,336	0,246
4,610	6,306	4,610	5,822	0,339	0,242
4,548	6,201	4,548	5,835	0,330	0,257
4,448	6,054	4,448	5,671	0,321	0,245
4,496	6,149	4,496	5,785	0,331	0,258
4,610	6,288	4,610	5,844	0,336	0,247
4,443	6,197	4,443	5,803	0,351	0,272
4,332	6,237	4,332	5,726	0,381	0,279
4,575	6,372	4,575	5,857	0,359	0,257
4,580	6,350	4,580	5,888	0,354	0,262
4,310	5,985	4,310	5,627	0,335	0,263
4,410	6,069	4,410	5,640	0,332	0,246
4,592	6,281	4,592	5,830	0,338	0,248
4,512	6,298	4,512	5,904	0,357	0,278
4,311	6,089	4,311	5,605	0,356	0,259
4,528	6,152	4,528	5,747	0,325	0,244
4,499	6,236	4,499	5,736	0,347	0,248
4,486	6,158	4,486	5,764	0,334	0,256
4,489	6,206	4,489	5,714	0,343	0,245
4,418	6,056	4,418	5,614	0,328	0,239
4,405	6,221	4,405	5,771	0,363	0,273
4,350	5,996	4,350	5,566	0,329	0,243
4,483	6,046	4,483	5,688	0,313	0,241
4,609	6,222	4,609	5,846	0,323	0,248

**K' médio para DBOm ajustado é de 0,354 A 0,007 d<sup>-1</sup>**

**K' médio para DBOt é de 0,264 A 0,005**

Gráfico 8 - Coeficientes Cinéticos ( K' ) ajustados entre DBOm e DBOt



## 2.5 Fatores de Correlação entre DQO, DBOm e DBOt

**Tabela 14 – Fatores de Correlação**

<b>DQO</b>	<b>DBOm5</b>	<b>DBOt5</b>	<b>DQO/DBOm</b>	<b>DQO/DBOt</b>	<b>DBOm/DBOt</b>
479	398	278	1,20	1,72	1,43
484	426	290	1,14	1,67	1,47
484	402	261	1,20	1,85	1,54
485	403	257	1,20	1,89	1,57
508	427	274	1,19	1,85	1,56
509	422	295	1,20	1,72	1,43
513	441	272	1,16	1,89	1,62
521	432	281	1,20	1,85	1,54
522	470	313	1,11	1,67	1,50
531	473	319	1,12	1,67	1,48
544	446	310	1,22	1,75	1,44
552	491	331	1,12	1,67	1,48
553	503	321	1,10	1,72	1,57
558	513	290	1,09	1,92	1,77
568	511	307	1,11	1,85	1,67
571	468	325	1,22	1,75	1,44
574	511	310	1,12	1,85	1,65
580	493	342	1,18	1,69	1,44
583	496	303	1,18	1,92	1,63
585	538	345	1,09	1,69	1,56
587	534	340	1,10	1,72	1,57
607	504	346	1,20	1,75	1,46
622	572	361	1,09	1,72	1,59
632	544	367	1,16	1,72	1,48
636	585	350	1,09	1,82	1,67
637	548	338	1,16	1,89	1,62

**Fator DQO/DBOm = 1,15 A 0,019**

**Fator DQO/DBOt = 1,78 A 0,035**

**Fator DBOm/DBOt = 1,55 A 0,036**

## **ANEXO II**

## Anexo II – Efluentes Domésticos Herga

### 1 Efluente Doméstico Herga oxigênio dissolvido entre 2 e 3 mg/l.

#### 1.1 Resultados Gerais

Tabela 1 – Resultados de DQO, DBOmi e DBOti.

DQO	DBOm1	DBOm2	DBOm3	DBOm4	DBOm5	DBOt1	DBOt2	DBOt3	DBOt4	DBOt5
667	128	241	375	462	514	120	202	273	314	374
684	159	335	443	500	568	140	219	298	385	438
711	125	301	472	535	569	126	217	330	373	434
711	122	327	399	510	555	116	224	340	390	448
751	176	281	428	515	586	139	219	315	353	421
753	161	340	506	574	617	112	236	323	356	414
768	187	292	485	585	622	123	261	354	418	492
776	120	305	466	514	598	135	265	332	414	481
784	151	289	458	577	627	132	246	336	377	455
792	136	305	468	578	649	175	293	381	427	515
799	147	339	531	556	639	114	220	321	396	439
813	141	379	520	572	642	162	264	348	403	463
818	149	305	516	541	622	149	298	404	447	532
834	173	408	512	595	692	148	236	354	443	492
835	176	358	561	636	676	148	267	362	395	476
839	131	373	504	602	654	140	274	392	467	537
890	148	345	570	605	703	132	289	396	431	507
906	173	384	564	677	752	152	294	350	426	507
908	140	399	566	650	699	152	310	439	479	563
908	188	399	610	686	754	172	280	400	492	572
915	159	357	623	706	759	187	296	401	456	549
922	187	411	620	672	747	210	348	443	527	599
935	211	430	605	656	729	153	330	430	518	589
937	161	373	570	672	731	146	320	405	483	562
938	181	394	567	733	788	180	315	411	507	563
950	184	391	575	710	798	186	271	383	447	532

Gráfico 1 - Resultados Gerais de DQO, DBOm e DBOt

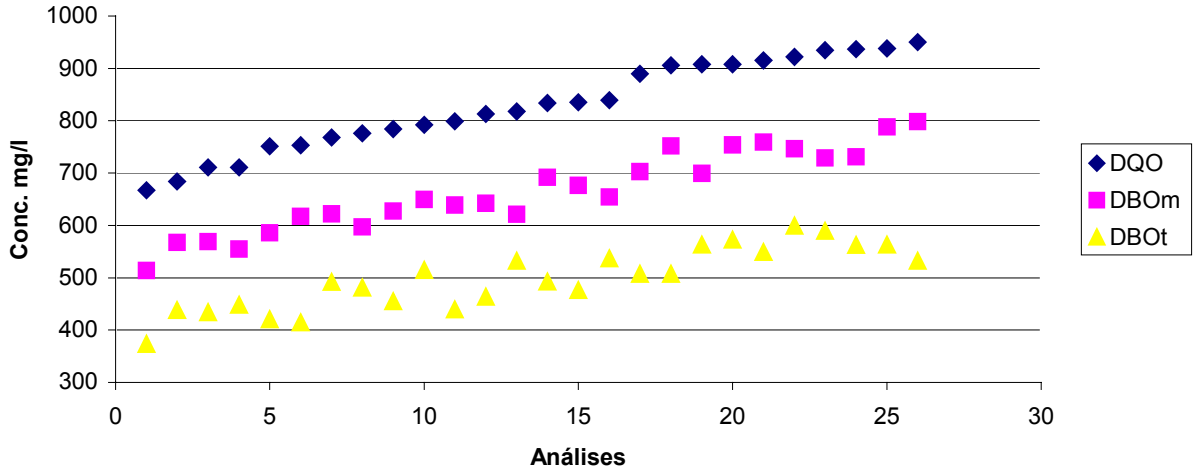


Gráfico 2 - Variação de DQO e DBOm<sub>i</sub>

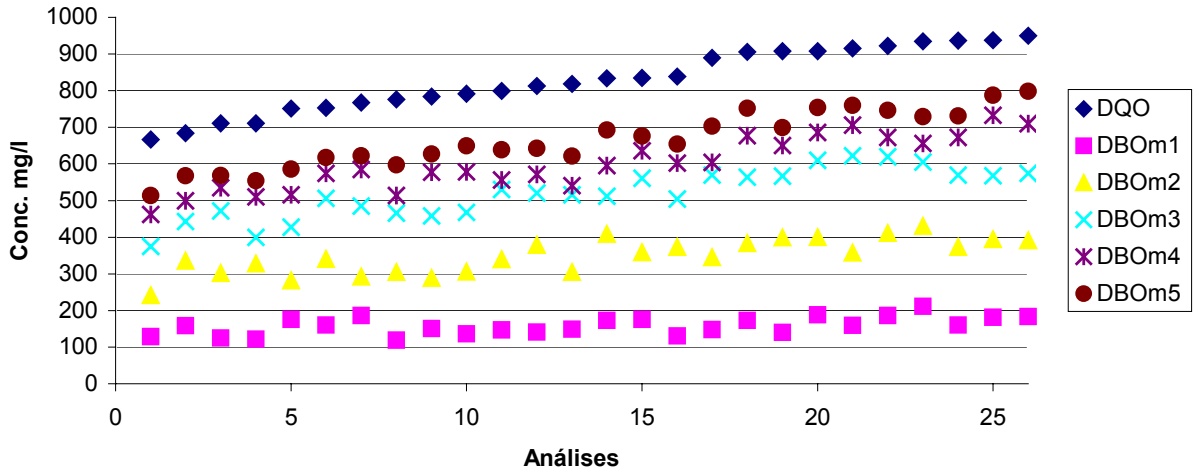
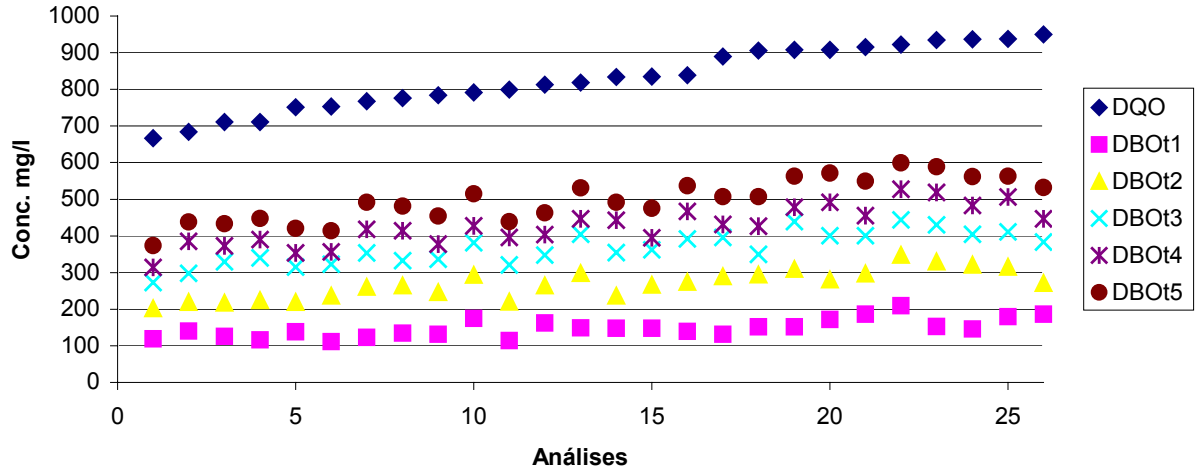


Gráfico 3 - Variação de DQO e DBOti



## 1.2 Cálculo do Coeficiente Cinético (K') – Método de Thomas

### 1.2.1 Método de Thomas para DBOm

**Tabela 2 – Método de Thomas DBOm**

DBOm1	DBOm2	DBOm3	DBOm4	DBOm5				
(t/y)1/3	(t/y)1/3	(t/y)1/3	(t/y)1/3	(t/y)1/3	Inclinação	Zero	k	k'
0,189	0,180	0,174	0,188	0,192	0,001	0,180	0,021	0,047
0,197	0,175	0,181	0,188	0,197	0,001	0,184	0,018	0,042
0,168	0,167	0,170	0,183	0,190	0,006	0,158	0,099	0,229
0,193	0,171	0,174	0,183	0,193	0,001	0,179	0,018	0,040
0,189	0,181	0,178	0,193	0,199	0,003	0,179	0,044	0,102
0,175	0,169	0,169	0,181	0,188	0,004	0,165	0,061	0,141
0,184	0,181	0,181	0,191	0,201	0,004	0,174	0,066	0,152
0,184	0,178	0,169	0,178	0,187	0,001	0,177	0,010	0,023
0,198	0,202	0,200	0,205	0,214	0,003	0,194	0,045	0,104
0,189	0,187	0,180	0,195	0,200	0,003	0,181	0,045	0,104
0,192	0,174	0,179	0,191	0,198	0,003	0,178	0,043	0,100
0,176	0,172	0,173	0,178	0,184	0,002	0,170	0,034	0,079
0,179	0,170	0,180	0,189	0,193	0,005	0,168	0,072	0,166
0,175	0,190	0,184	0,190	0,200	0,005	0,173	0,077	0,176
0,179	0,192	0,191	0,198	0,204	0,006	0,176	0,085	0,196
0,200	0,188	0,185	0,196	0,206	0,002	0,189	0,028	0,065
0,203	0,187	0,186	0,198	0,203	0,001	0,192	0,015	0,034
0,179	0,173	0,175	0,181	0,188	0,002	0,172	0,037	0,086
0,202	0,183	0,196	0,199	0,208	0,003	0,189	0,040	0,092
0,177	0,172	0,174	0,176	0,185	0,002	0,170	0,032	0,074
0,184	0,175	0,174	0,181	0,190	0,002	0,175	0,027	0,062
0,188	0,191	0,187	0,191	0,200	0,002	0,184	0,033	0,077
0,194	0,187	0,186	0,191	0,197	0,001	0,188	0,014	0,031
0,178	0,177	0,175	0,185	0,195	0,004	0,170	0,061	0,141
0,174	0,171	0,170	0,180	0,188	0,004	0,166	0,056	0,130
0,185	0,181	0,189	0,200	0,207	0,006	0,174	0,094	0,216

Donde o K' médio da DBOm é igual a  $0,108 \pm 0,024 \text{ d}^{-1}$

Fator F é de 0,189 e C.D. é de 81,1%



## 1.2.2 Método de Thomas para DBOt

**Tabela 3 – Método de Thomas DBOti**

<b>DBOt1</b>	<b>DBOt2</b>	<b>DBOt3</b>	<b>DBOt4</b>	<b>DBOt5</b>				
<b>(t/y)1/3</b>	<b>(t/y)1/3</b>	<b>(t/y)1/3</b>	<b>(t/y)1/3</b>	<b>(t/y)1/3</b>	<b>inclinação</b>	<b>Zero</b>	<b>k</b>	<b>k'</b>
0,196	0,191	0,196	0,210	0,214	0,006	0,185	0,078	0,180
0,193	0,194	0,197	0,205	0,210	0,005	0,186	0,064	0,148
0,187	0,182	0,191	0,198	0,204	0,005	0,178	0,073	0,167
0,187	0,186	0,190	0,203	0,207	0,006	0,178	0,082	0,190
0,206	0,209	0,211	0,216	0,225	0,005	0,200	0,059	0,136
0,168	0,179	0,189	0,196	0,203	0,009	0,161	0,140	0,321
0,208	0,204	0,210	0,224	0,229	0,006	0,196	0,085	0,195
0,175	0,189	0,196	0,206	0,209	0,009	0,169	0,131	0,301
0,203	0,215	0,222	0,234	0,237	0,009	0,196	0,117	0,268
0,189	0,189	0,195	0,208	0,211	0,006	0,179	0,093	0,214
0,183	0,196	0,205	0,215	0,221	0,009	0,176	0,139	0,320
0,175	0,195	0,199	0,208	0,211	0,008	0,172	0,129	0,296
0,189	0,204	0,204	0,208	0,217	0,006	0,187	0,083	0,190
0,201	0,197	0,204	0,212	0,217	0,005	0,192	0,063	0,144
0,193	0,209	0,212	0,225	0,228	0,009	0,188	0,119	0,274
0,200	0,210	0,209	0,221	0,226	0,006	0,194	0,085	0,196
0,195	0,196	0,208	0,213	0,218	0,006	0,187	0,088	0,202
0,187	0,189	0,205	0,211	0,214	0,008	0,179	0,111	0,254
0,205	0,207	0,207	0,217	0,223	0,005	0,198	0,062	0,144
0,177	0,185	0,194	0,199	0,207	0,007	0,170	0,114	0,261
0,190	0,184	0,195	0,202	0,207	0,005	0,180	0,077	0,176
0,196	0,201	0,207	0,220	0,222	0,007	0,188	0,097	0,224
0,179	0,190	0,199	0,211	0,213	0,009	0,171	0,138	0,317
0,189	0,196	0,202	0,216	0,219	0,008	0,181	0,116	0,266
0,180	0,193	0,196	0,201	0,206	0,006	0,177	0,090	0,206
0,193	0,209	0,216	0,218	0,225	0,007	0,190	0,102	0,235

Donde o  $K'$  médio da DBOt é igual a  $0,195 \pm 0,018 \text{ d}^{-1}$

Fator F é de 0,024 e C.D. é de 97,6 %

### 1.3 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) - Método de Regressão Linear

#### 1.3.1 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) DBOm - Método de Regressão Linear

Tabela 4 – Método de Regressão Linear

DBOm1	DBOm2	DBOm3	DBOm4	DBOm5	Coeficiente
Ln m1	Ln m2	Ln m3	Ln m4	Ln m5	Km
4,9949	5,8421	6,3448	6,4047	6,5555	0,3684
4,8743	5,9216	6,2224	6,4004	6,4837	0,3698
5,3542	6,0645	6,4058	6,4867	6,5921	0,2898
4,9404	5,9878	6,3392	6,4773	6,5499	0,3708
4,9905	5,8253	6,2739	6,3210	6,4602	0,3435
5,2295	6,0180	6,4295	6,5105	6,6158	0,3265
5,0785	5,8278	6,2272	6,3530	6,4256	0,3219
5,0719	5,8776	6,4341	6,5600	6,6326	0,3804
4,8551	5,4864	5,9267	6,1361	6,2414	0,3422
5,0053	5,7191	6,2461	6,2932	6,4324	0,3428
4,9509	5,9374	6,2543	6,3485	6,4650	0,3439
5,2124	5,9688	6,3536	6,5656	6,6821	0,3536
5,1536	6,0123	6,2388	6,3891	6,5399	0,3149
5,2291	5,6780	6,1846	6,3712	6,4331	0,3101
5,1690	5,6390	6,0582	6,2451	6,3729	0,3014
4,8294	5,7087	6,1572	6,2817	6,3435	0,3601
4,7833	5,7194	6,1443	6,2420	6,3928	0,3741
5,1530	5,9494	6,3350	6,5173	6,6227	0,3507
4,8041	5,7906	5,9897	6,2348	6,3182	0,3473
5,1997	5,9762	6,3409	6,5968	6,6694	0,3560
5,0801	5,9209	6,3458	6,5108	6,5942	0,3618
5,0141	5,6647	6,1266	6,3579	6,4413	0,3547
4,9155	5,7211	6,1476	6,3596	6,4761	0,3760
5,1696	5,8818	6,3304	6,4548	6,5167	0,3267
5,2386	5,9900	6,4142	6,5306	6,6249	0,3313
5,0687	5,8140	6,0932	6,2138	6,3416	0,2946

Donde o K' médio da DBOm é igual a  $0,342 \pm 0,010 \text{ d}^{-1}$ .

Fator F é de 0,075 e C.D. é de 92,5%

### 1.3.2 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) DBOt - Método de Regressão Linear

**Tabela 5 – Método de Regressão Linear – DBOti**

<b>DBOt1</b>	<b>DBOt2</b>	<b>DBOt3</b>	<b>DBOt4</b>	<b>DBOt5</b>	<b>Coeficiente</b>
<b>Ln t1</b>	<b>Ln t2</b>	<b>Ln t3</b>	<b>Ln t4</b>	<b>Ln t5</b>	<b>Kt</b>
4,8820	5,6670	5,9806	6,0666	6,2291	0,3094
4,9388	5,6126	5,9712	6,1467	6,2859	0,3228
5,0314	5,7987	6,0638	6,2507	6,3785	0,3146
5,0239	5,7354	6,0847	6,1707	6,3332	0,3054
4,7385	5,3924	5,7708	5,9802	6,0855	0,3282
5,3459	5,8510	6,0947	6,2679	6,3958	0,2517
4,7169	5,4641	5,7778	5,8754	6,0262	0,3030
5,2293	5,6919	5,9934	6,1218	6,3081	0,2587
4,7835	5,3068	5,6083	5,7486	5,9230	0,2721
5,0031	5,6963	6,0016	6,1017	6,2761	0,2951
5,0888	5,5765	5,8509	5,9994	6,1386	0,2523
5,2268	5,6033	5,9481	6,1023	6,2766	0,2599
4,9946	5,4646	5,8701	6,0932	6,1986	0,3037
4,8112	5,5626	5,8690	6,0350	6,1975	0,3245
4,9329	5,3877	5,7539	5,8672	6,0416	0,2697
4,8345	5,3792	5,7979	5,9216	6,0724	0,3018
4,9032	5,5783	5,8051	6,0253	6,1761	0,2993
5,0252	5,6845	5,8582	6,0549	6,2292	0,2778
4,7576	5,4115	5,8302	5,9654	6,1046	0,3248
5,1935	5,7531	6,0182	6,2276	6,3329	0,2753
4,9848	5,7697	6,0034	6,1810	6,3319	0,3105
4,8818	5,5035	5,8186	5,9334	6,1197	0,2906
5,1650	5,6817	5,9427	6,0574	6,2438	0,2533
4,9941	5,5855	5,8909	5,9790	6,1653	0,2736
5,1452	5,6359	5,9925	6,1984	6,3492	0,2970
4,9422	5,3885	5,6960	5,9538	6,0817	0,2844

Donde o K' médio da DBOt é igual a  $0,290 \pm 0,010 \text{ d}^{-1}$

Fator F é de 0,055 e C.D. é de 94,5%

#### 1.4 Cálculo do Coeficiente Cinético ajustado ( km\*) – Método de Regressão Linear

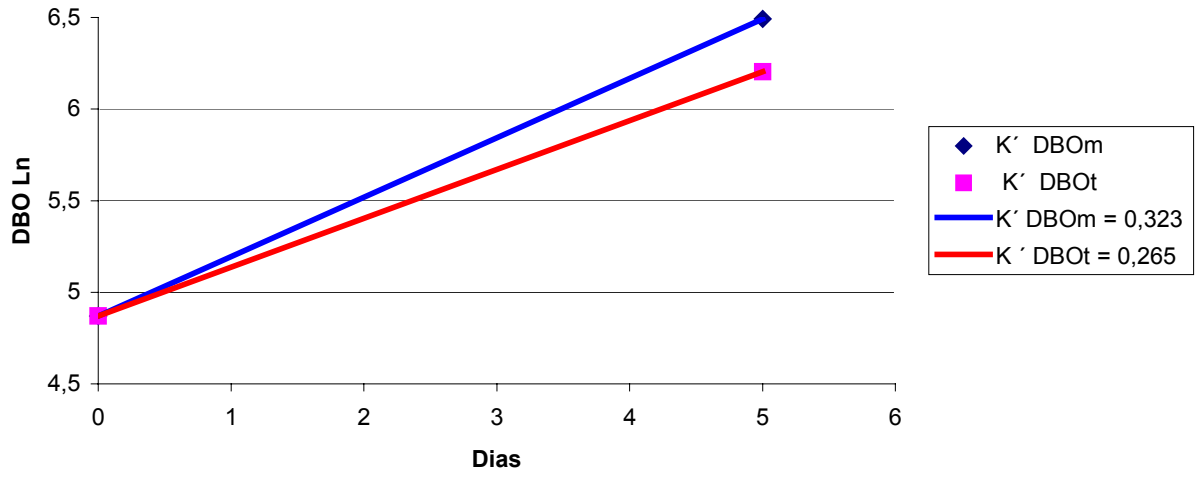
**Tabela 6 – Coeficiente Cinético Ajustado**

<b>DBOt0</b>	<b>DBOm5</b>	<b>DBOt0</b>	<b>DBOt5</b>	<b>Inclinação</b>	<b>Inclinação</b>
<b>Ln t 0</b>	<b>Ln m5</b>	<b>Ln t 0</b>	<b>Ln t5</b>	<b>Km</b>	<b>Kt</b>
4,836944	6,555499	4,836944	6,229103	0,34371107	0,2784318
4,822576	6,483749	4,822576	6,285924	0,33223458	0,2926694
4,960784	6,592085	4,960784	6,378511	0,32626022	0,2835454
4,953383	6,54988	4,953383	6,333209	0,31929931	0,2759651
4,608885	6,460217	4,608885	6,085524	0,37026641	0,2953277
5,236103	6,615824	5,236103	6,395762	0,27594417	0,2319318
4,663092	6,425614	4,663092	6,026228	0,35250443	0,2726272
5,092648	6,632594	5,092648	6,308098	0,30798921	0,24309
4,657824	6,241425	4,657824	5,922972	0,31672021	0,2530295
4,930346	6,432425	4,930346	6,276079	0,30041598	0,2691468
4,974085	6,465009	4,974085	6,138612	0,29818479	0,2329055
5,051848	6,682109	5,051848	6,276643	0,32605211	0,2449591
4,813273	6,539904	4,813273	6,198601	0,34532615	0,2770655
4,721579	6,433069	4,721579	6,197503	0,34229792	0,2951847
4,787593	6,372944	4,787593	6,041587	0,31707031	0,2507989
4,695698	6,343529	4,695698	6,072376	0,32956619	0,2753356
4,799695	6,392788	4,799695	6,176117	0,31861851	0,2752843
4,936902	6,62271	4,936902	6,229221	0,33716163	0,2584638
4,639443	6,318211	4,639443	6,104637	0,33575355	0,2930387
5,079062	6,669397	5,079062	6,332924	0,318067	0,2507726
4,922521	6,594222	4,922521	6,331858	0,33434023	0,2818674
4,779701	6,441265	4,779701	6,119682	0,33231285	0,2679961
5,058083	6,47611	5,058083	6,243778	0,28360545	0,237139
4,902203	6,516711	4,902203	6,165313	0,32290159	0,252622
4,973103	6,624915	4,973103	6,349209	0,33036235	0,2752212
4,759201	6,341628	4,759201	6,081671	0,31648554	0,264494

**K' médio para DBOm ajustado é de  $0,323 \pm 0,008 \text{ d}^{-1}$ .**

**K' médio para DBOt é de  $0,265 \pm 0,008 \text{ d}^{-1}$**

Gráfico 4 - Coeficientes Cinéticos ( K' ) ajustados entre DBOm e DBOt



## 1.5 Fatores de Correlação entre DQO, DBOm e DBOt

**Tabela 7 – Fatores de Correlação**

DQO	DBOm5	DBOt5	DQO/DBOm	DQO/DBOt	DBOm/DBOt
667	514	374	1,30	1,79	1,38
684	568	438	1,20	1,56	1,30
711	569	434	1,25	1,64	1,31
711	555	448	1,28	1,59	1,24
751	586	421	1,28	1,79	1,39
753	617	414	1,22	1,82	1,49
768	622	492	1,23	1,56	1,27
776	598	481	1,30	1,61	1,24
784	627	455	1,25	1,72	1,38
792	649	515	1,22	1,54	1,26
799	639	439	1,25	1,82	1,45
813	642	463	1,27	1,75	1,39
818	622	532	1,32	1,54	1,17
834	692	492	1,20	1,69	1,41
835	676	476	1,23	1,75	1,42
839	654	537	1,28	1,56	1,22
890	703	507	1,27	1,75	1,39
906	752	507	1,20	1,79	1,48
908	699	563	1,30	1,61	1,24
908	754	572	1,20	1,59	1,32
915	759	549	1,20	1,67	1,38
922	747	599	1,23	1,54	1,25
935	729	589	1,28	1,59	1,24
937	731	562	1,28	1,67	1,30
938	788	563	1,19	1,67	1,40
950	798	532	1,19	1,79	1,50

**Fator DQO/DBOm = 1,25 ± 0,016**

**Fator DQO/DBOt = 1,67 ± 0,039**

**Fator DBOm/DBOt = 1,34 ± 0,038**

## 2 Efluente Doméstico Herga oxigênio dissolvido entre 4 e 5 mg/l.

### 2.1 Resultados Gerais

**Tabela 8 – Resultados de DQO, DBOm e DBOti.**

<b>DQO</b>	<b>DBOm 1</b>	<b>DBOm 2</b>	<b>DBOm 3</b>	<b>DBOm 4</b>	<b>DBOm 5</b>	<b>DBOt1</b>	<b>DBOt2</b>	<b>DBOt3</b>	<b>DBOt4</b>	<b>DBOt5</b>
680	180	330	470	540	570	140	270	330	460	500
680	190	410	440	480	510	118	224	296	346	380
680	220	470	510	550	610	136	211	317	396	440
690	210	480	580	600	630	120	202	331	366	430
720	250	250	430	570	600	105	158	211	282	310
740	200	430	510	580	600	99	144	221	269	320
740	250	410	550	630	650	104	166	277	302	360
750	220	420	520	600	640	133	267	327	405	460
780	190	330	490	540	560	119	234	279	361	410
790	200	400	530	590	640	150	242	326	383	440
790	230	420	490	530	560	130	226	285	343	390
800	240	360	490	570	620	104	189	289	340	370
800	240	340	540	610	690	126	202	307	382	420
840	200	450	580	610	640	160	268	315	400	470
850	220	390	470	560	620	138	258	327	387	430
850	240	430	570	600	670	134	274	312	418	480
860	180	460	500	520	560	147	216	304	396	460
860	250	310	520	600	670	149	239	297	401	450
870	190	350	480	530	570	130	210	315	353	420
900	260	470	560	620	640	137	221	382	412	490
910	270	490	550	650	780	191	313	412	516	580
920	300	520	560	600	580	136	211	330	370	440

Gráfico 5 - Resultados Gerais de DQO, DBOm e DBOt

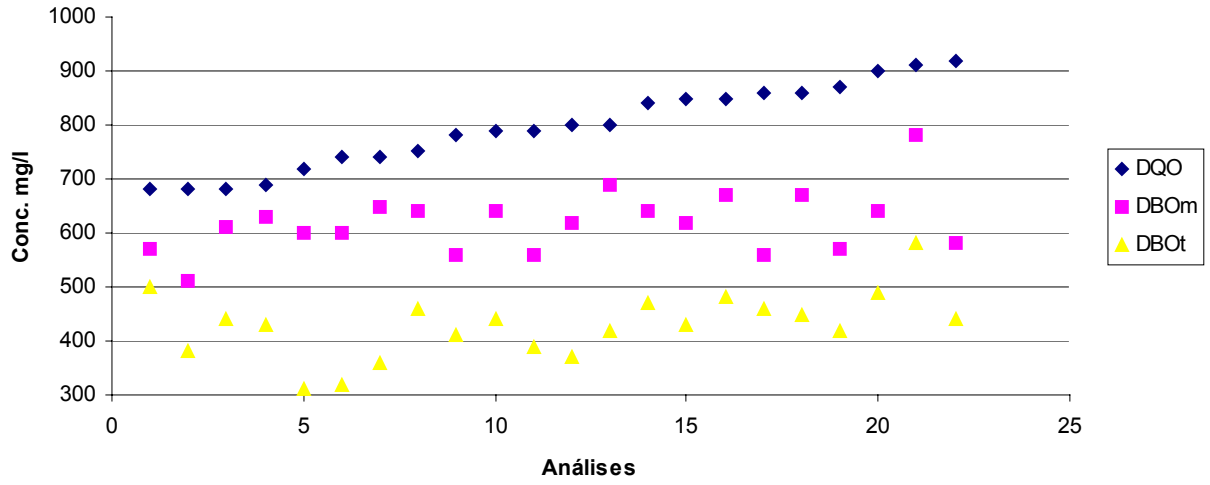


Gráfico 6 - variação de DQO e DBOm

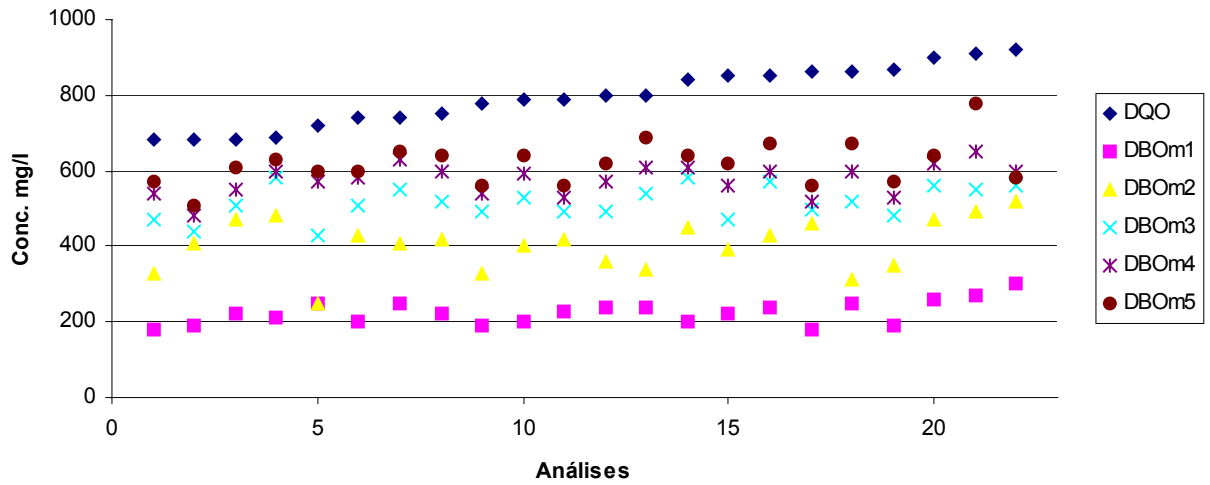
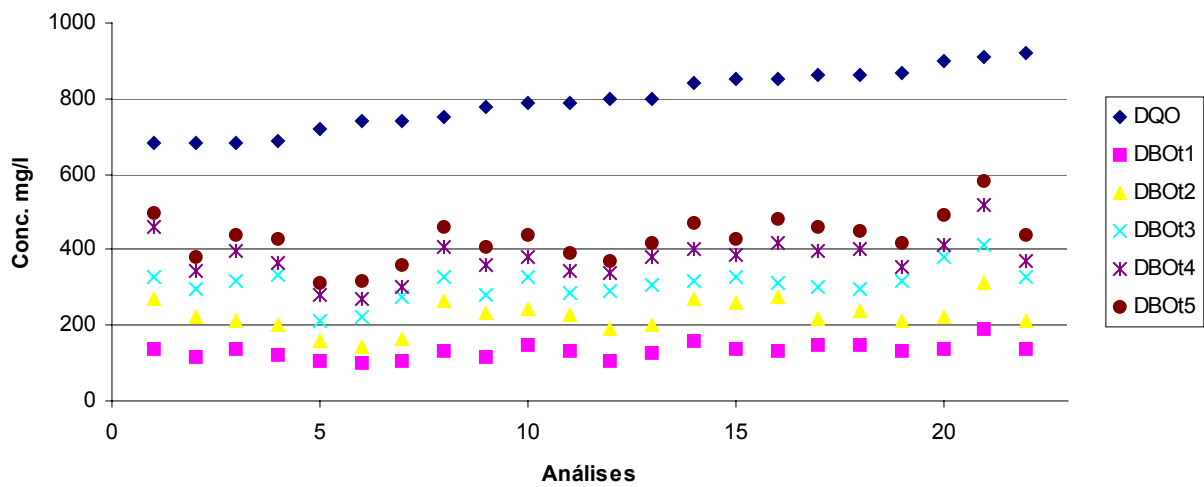




Gráfico 7 - Variação de DQO e DBOt



## 2.2 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) – Método de Thomas

### 2.2.1 Método de Thomas para DBOm

**Tabela 9 – Método de Thomas DBOm**

DBOm1	DBOm2	DBOm3	DBOm4	DBOm5				
(t/y)1/3	(t/y)1/3	(t/y)1/3	(t/y)1/3	(t/y)1/3	Inclinaç ão	Zero	K	K'
0,17100	0,16692	0,18052	0,19035	0,20274	0,00869	0,15623	0,14518	0,33392
0,16091	0,17711	0,18294	0,19145	0,20054	0,00936	0,15452	0,15808	0,36359
0,16565	0,16824	0,17935	0,18821	0,19843	0,00855	0,15432	0,14464	0,33266
0,16824	0,16091	0,17294	0,18821	0,19947	0,00898	0,15103	0,15511	0,35675
0,17395	0,18232	0,18294	0,19493	0,20746	0,00796	0,16443	0,12640	0,29072
0,17711	0,16321	0,18171	0,19740	0,20746	0,00949	0,15691	0,15782	0,36299
0,17395	0,17878	0,18420	0,19615	0,20624	0,00820	0,16328	0,13100	0,30130
0,17100	0,17100	0,17822	0,18926	0,19843	0,00731	0,15964	0,11955	0,27496
0,17711	0,18232	0,18550	0,19493	0,20624	0,00709	0,16796	0,11012	0,25328
0,14938	0,15668	0,17498	0,18821	0,20504	0,01429	0,13200	0,28247	0,64967
0,17100	0,16441	0,17294	0,18717	0,19843	0,00776	0,15551	0,13027	0,29961
0,16565	0,17245	0,18550	0,19259	0,20054	0,00899	0,15637	0,15007	0,34516
0,15472	0,15981	0,17603	0,18325	0,18576	0,00855	0,14626	0,15262	0,35103
0,15874	0,18616	0,17935	0,18821	0,19542	0,00754	0,15896	0,12381	0,28476
0,16091	0,18052	0,17711	0,18717	0,19351	0,00718	0,15829	0,11847	0,27248
0,17395	0,16960	0,18962	0,20274	0,21403	0,01133	0,15600	0,18957	0,43601
0,15668	0,16205	0,17498	0,18616	0,19843	0,01076	0,14338	0,19589	0,45054
0,16091	0,16692	0,17395	0,18821	0,19542	0,00903	0,15000	0,15711	0,36135
0,15874	0,16960	0,17603	0,18517	0,19740	0,00929	0,14952	0,16217	0,37298
0,15874	0,20000	0,19108	0,19145	0,20274	0,00795	0,16497	0,12570	0,28912
0,16565	0,16205	0,18052	0,19375	0,20163	0,01036	0,14962	0,18080	0,41585
0,16321	0,16824	0,18294	0,19615	0,20746	0,01164	0,14868	0,20433	0,46996

Donde o K' médio da DBOm é igual a 0,357 A 0,039 d<sup>-1</sup>.

Fator F é de 0,044 e C.D. é de 95,6%

## 2.2.2 Método de Thomas para DBOt

**Tabela 10 – Método de Thomas DBOti**

<b>DBOt1</b>	<b>DBOt2</b>	<b>DBOt3</b>	<b>DBOt4</b>	<b>DBOt5</b>				
<b>(t/y)<sup>1/3</sup></b>	<b>(t/y)<sup>1/3</sup></b>	<b>(t/y)<sup>1/3</sup></b>	<b>(t/y)<sup>1/3</sup></b>	<b>(t/y)<sup>1/3</sup></b>	<b>Inclinação</b>	<b>Zero</b>	<b>K</b>	<b>K'</b>
0,21602	0,24037	0,23862	0,24597	0,25000	0,00735	0,21613	0,08882	0,20428
0,21292	0,21966	0,21824	0,22735	0,23819	0,00582	0,20580	0,07385	0,16985
0,19571	0,19571	0,20943	0,21459	0,22152	0,00705	0,18624	0,09878	0,22719
0,20252	0,21469	0,20848	0,22202	0,22655	0,00554	0,19823	0,07294	0,16776
0,20336	0,20455	0,22077	0,22298	0,23018	0,00721	0,19475	0,09658	0,22212
0,18939	0,20992	0,21459	0,21624	0,22152	0,00706	0,18916	0,09736	0,22393
0,19730	0,21197	0,21197	0,22465	0,22834	0,00748	0,19242	0,10140	0,23321
0,18837	0,20218	0,20964	0,21862	0,22482	0,00893	0,18193	0,12817	0,29479
0,19259	0,19493	0,20871	0,20564	0,21544	0,00564	0,18654	0,07894	0,18156
0,19427	0,21157	0,20871	0,22120	0,22482	0,00707	0,19089	0,09673	0,22247
0,18428	0,19544	0,21199	0,21553	0,21993	0,00914	0,17802	0,13401	0,30822
0,19370	0,19791	0,20939	0,21783	0,22655	0,00856	0,18339	0,12186	0,28028
0,17352	0,18553	0,19386	0,19789	0,20504	0,00754	0,16854	0,11677	0,26857
0,18884	0,20316	0,21617	0,21535	0,22314	0,00808	0,18509	0,11394	0,26205
0,19947	0,21487	0,21389	0,21874	0,22834	0,00616	0,19658	0,08178	0,18810
0,20399	0,20739	0,21631	0,22616	0,23608	0,00829	0,19311	0,11210	0,25782
0,19389	0,20855	0,19874	0,21340	0,21690	0,00509	0,19103	0,06951	0,15987
0,19522	0,19408	0,21265	0,21237	0,21840	0,00646	0,18715	0,09015	0,20734
0,21237	0,22943	0,22120	0,23650	0,24037	0,00631	0,20905	0,07874	0,18110
0,21170	0,23301	0,24234	0,24204	0,25266	0,00910	0,20906	0,11355	0,26117
0,19427	0,21157	0,21157	0,21617	0,22482	0,00657	0,19196	0,08935	0,20550
0,19740	0,20678	0,21924	0,22673	0,23405	0,00932	0,18887	0,12884	0,29633

Donde o  $K'$  médio da DBOt é igual a  $0,228 \text{ A } 0,020 \text{ d}^{-1}$ .

Fator F é de  $0,015$  e C.D. é de  $98,5\%$

## 2.3 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) - Método de Regressão Linear

### 2.3.1 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) DBOm - Método de Regressão Linear

**Tabela 11 – Método de Regressão Linear**

DBOm1	DBOm2	DBOm3	DBOm4	DBOm5	Coeficiente
Ln m1	Ln m2	Ln m3	Ln m4	Ln m5	Km
5,19296	5,79909	6,15273	6,29157	6,34564	0,27978
5,24702	6,01616	6,08677	6,17379	6,23441	0,21324
5,39363	6,15273	6,23441	6,30992	6,41346	0,21968
5,34711	6,17379	6,36303	6,39693	6,44572	0,24204
5,52146	5,52146	6,06379	6,34564	6,39693	0,25751
5,29832	6,06379	6,23441	6,36303	6,39693	0,24965
5,52146	6,01616	6,30992	6,44572	6,47697	0,23406
5,39363	6,04025	6,25383	6,39693	6,46147	0,24924
5,24702	5,79909	6,19441	6,29157	6,32794	0,26543
5,29832	5,99146	6,27288	6,38012	6,46147	0,27150
5,43808	6,04025	6,19441	6,27288	6,32794	0,20123
5,48064	5,88610	6,19441	6,34564	6,42972	0,23577
5,48064	5,82895	6,29157	6,41346	6,53669	0,26966
5,29832	6,10925	6,36303	6,41346	6,46147	0,26305
5,39363	5,96615	6,15273	6,32794	6,42972	0,24340
5,48064	6,06379	6,34564	6,39693	6,50728	0,23864
5,19296	6,13123	6,21461	6,25383	6,32794	0,23926
5,52146	5,73657	6,25383	6,39693	6,50728	0,26320
5,24702	5,85793	6,17379	6,27288	6,34564	0,26122
5,56068	6,15273	6,32794	6,42972	6,46147	0,20786
5,59842	6,19441	6,30992	6,47697	6,65929	0,24043
5,70378	6,25383	6,32794	6,39693	6,36303	0,14616

Donde o K' médio da DBOm é igual a 0,240 A 0,012 d<sup>-1</sup>.

Fator F é de 0,056 e C.D. é de 94,4%

### 2.3.2 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) DBOt - Método de Regressão Linear

**Tabela 12 – Método de Regressão Linear - DBOti**

DBOt1	DBOt2	DBOt3	DBOt4	DBOt5	Coeficiente
Ln t1	Ln t2	Ln t3	Ln t4	Ln t 5	Kt
4,94164	5,59842	5,79909	6,13123	6,21461	0,307874
4,76899	5,41254	5,69171	5,84586	5,94017	0,277569
4,91559	5,35281	5,75827	5,98141	6,08677	0,297097
4,79082	5,30876	5,80242	5,90127	6,06379	0,313844
4,65776	5,06323	5,35091	5,64226	5,73657	0,273665
4,59714	4,96981	5,39726	5,59397	5,76832	0,296652
4,64823	5,10958	5,62474	5,71175	5,88610	0,307792
4,89335	5,58650	5,78874	6,00339	6,13123	0,289264
4,77828	5,45404	5,63049	5,88832	6,01616	0,291003
5,00797	5,48894	5,78567	5,94751	6,08677	0,261619
4,86753	5,42142	5,65144	5,83831	5,96615	0,261412
4,64054	5,24016	5,66504	5,83012	5,91350	0,313589
4,83628	5,30629	5,72554	5,94594	6,04025	0,30476
5,07392	5,59061	5,75226	5,99021	6,15273	0,255722
4,92435	5,55296	5,78935	5,95842	6,06379	0,268433
4,90082	5,61167	5,74300	6,03452	6,17379	0,296879
4,99179	5,37620	5,71571	5,98040	6,13123	0,288307
5,00058	5,47437	5,69373	5,99271	6,10925	0,273567
4,86907	5,34711	5,75257	5,86590	6,04025	0,286116
4,92144	5,39590	5,94594	6,02005	6,19441	0,317009
5,25437	5,74684	6,02054	6,24649	6,36303	0,271698
4,91559	5,35281	5,79909	5,91242	6,08677	0,290198

Donde o K' médio da DBOt é igual a 0,288 A 0,008 d<sup>-1</sup>

Fator F é de 0,044 e C.D. é de 95,6%

## 2.4 Cálculo do Coeficiente Cinético ajustado ( km\*) – Método de Regressão Linear

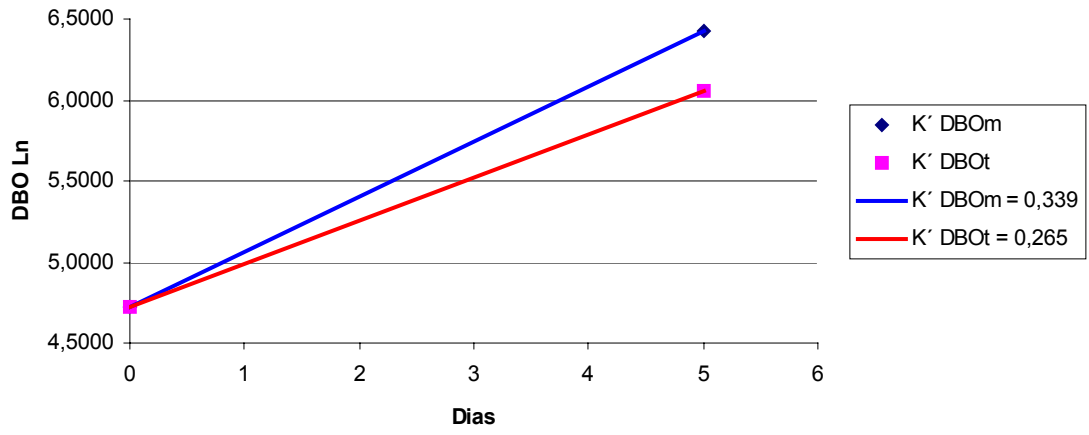
**Tabela 13 – Coeficiente Cinético Ajustado**

<b>DBOt0</b>	<b>DBOm5</b>	<b>DBOt0</b>	<b>DBOt5</b>	<b>Inclinação</b>	<b>Inclinação</b>
<b>Ln t 0</b>	<b>Ln m5</b>	<b>Ln t 0</b>	<b>Ln t5</b>	<b>Km</b>	<b>Kt</b>
4,37534	6,39693	4,37534	5,76832	0,40432	0,27860
4,51710	6,42972	4,51710	5,91350	0,38252	0,27928
4,81285	6,46147	4,81285	6,13123	0,32972	0,26368
4,63188	6,44572	4,63188	6,06379	0,36277	0,28638
4,68045	6,32794	4,68045	6,01616	0,32950	0,26714
4,77415	6,32794	4,77415	6,13123	0,31076	0,27142
4,71663	6,34564	4,71663	6,04025	0,32580	0,26472
4,87851	6,46147	4,87851	6,08677	0,31659	0,24165
4,81338	6,34564	4,81338	6,21461	0,30645	0,28025
4,74274	6,36303	4,74274	6,08677	0,32406	0,26881
4,94478	6,46147	4,94478	6,15273	0,30334	0,24159
4,85247	6,42972	4,85247	6,06379	0,31545	0,24226
5,11116	6,65929	5,11116	6,36303	0,30963	0,25037
4,83343	6,50728	4,83343	6,10925	0,33477	0,25516
4,65658	6,53669	4,65658	6,04025	0,37602	0,27673
4,69915	6,23441	4,69915	5,94017	0,30705	0,24820
4,74452	6,46147	4,74452	6,19441	0,34339	0,28998
4,80212	6,50728	4,80212	6,17379	0,34103	0,27433
4,47270	6,47697	4,47270	5,88610	0,40085	0,28268
4,46915	6,39693	4,46915	5,73657	0,38556	0,25348
4,72768	6,41346	4,72768	6,08677	0,33716	0,27182
4,76473	6,32794	4,76473	5,96615	0,31264	0,24028

**K' médio para DBOm ajustado é de 0,339 A 0,014 d<sup>-1</sup>**

**K' médio para DBOt é de 0,265 A 0,007**

Gráfico 8 - Coeficientes Cinéticos ( K' ) ajustados entre DBOm e DBOt



## 2.5 Fatores de Correlação entre DQO, DBOm e DBOt

**Tabela 14 – Fatores de Correlação**

DQO	DBOm	DBOt	DQO/DBOm	DQO/DBOt	DBOm/DBOt
740	600	320	1,23	2,31	1,88
800	620	370	1,29	2,16	1,68
750	640	460	1,17	1,63	1,39
690	630	430	1,10	1,60	1,47
780	560	410	1,39	1,90	1,37
860	560	460	1,54	1,87	1,22
870	570	420	1,53	2,07	1,36
790	640	440	1,23	1,80	1,45
680	570	500	1,19	1,36	1,14
920	580	440	1,59	2,09	1,32
840	640	470	1,31	1,79	1,36
850	620	430	1,37	1,98	1,44
910	780	580	1,17	1,57	1,34
860	670	450	1,28	1,91	1,49
800	690	420	1,16	1,90	1,64
680	510	380	1,33	1,79	1,34
900	640	490	1,41	1,84	1,31
850	670	480	1,27	1,77	1,40
740	650	360	1,14	2,06	1,81
720	600	310	1,20	2,32	1,94
680	610	440	1,11	1,55	1,39
790	560	390	1,41	2,03	1,44

**Fator DQO/DBOm = 1,29 A 0,062**

**Fator DQO/DBOt = 1,88 A 0,108**

**Fator DBOm/DBOt = 1,46 A 0,090**





## **ANEXO III**

## Anexo III – Efluentes Industriais

### 1 Efluente Industrial oxigênio dissolvido entre 2 e 3 mg/l.

#### 1.1 Resultados Gerais

Tabela 1 – Resultados de DQO, DBO<sub>mi</sub> e DBO<sub>ti</sub>.

DQO	DBO <sub>m1</sub>	DBO <sub>m2</sub>	DBO <sub>m3</sub>	DBO <sub>m4</sub>	DBO <sub>m5</sub>	DBO <sub>t1</sub>	DBO <sub>t2</sub>	DBO <sub>t3</sub>	DBO <sub>t4</sub>	DBO <sub>t5</sub>
6721	1434	2708	3823	4619	5310	774	1645	2129	2774	3226
6956	1484	3132	3957	4396	5495	730	1774	2400	2782	3478
7092	1418	3291	3688	4539	5674	889	2021	3032	3274	4042
7256	1768	2926	4145	5059	6095	734	1373	2426	2586	3193
7284	1690	2914	3962	5186	5827	822	1746	2328	2910	3423
7500	1800	2940	4140	5160	6000	1050	2016	2856	3402	4200
7578	1464	3628	4201	5347	6366	850	1701	2821	3324	3865
7630	2163	3214	4079	5068	6180	855	2051	3205	3589	4273
7656	2187	3601	4630	5402	6431	675	1351	2283	2733	3216
7691	1896	3596	4445	5491	6537	791	1545	2638	3053	3769
7734	1732	3403	4517	5197	6187	780	1657	2436	2794	3248
7774	1828	3657	4767	5355	6530	948	2060	2802	3461	4120
8055	2164	3118	4200	5600	6363	930	1816	3234	3810	4430
8057	2260	3835	4931	5753	6848	822	1931	2671	3328	4109
8261	1558	3522	4810	5893	6774	810	1781	2631	3279	4048
8470	2304	3524	4811	6098	6776	1138	2229	3083	3795	4743
8559	2203	3805	4940	5875	6676	965	1649	2977	3379	4023
8769	2445	4027	4890	6472	7191	737	1731	2873	3057	3683
8801	1607	3652	5040	6574	7305	951	1941	2931	3248	3960
9058	1837	3462	4663	5793	7065	1152	2400	3649	3889	4801
9099	2580	3906	5085	6044	7370	1024	2047	3153	3358	4095
9127	1637	3560	4627	5980	7119	1141	2327	3423	3879	4564
9253	2308	4377	5332	6446	7958	1022	2176	3242	3598	4441
9310	2501	3677	5369	6399	7355	881	1882	3002	3283	4003
9452	1991	3981	5130	6814	7656	794	1826	2858	3414	3970
9490	2126	4024	5542	6833	7592	1200	2453	3497	4228	5220

Gráfico 1 - Resultados Gerais de DQO, DBOm e DBOt

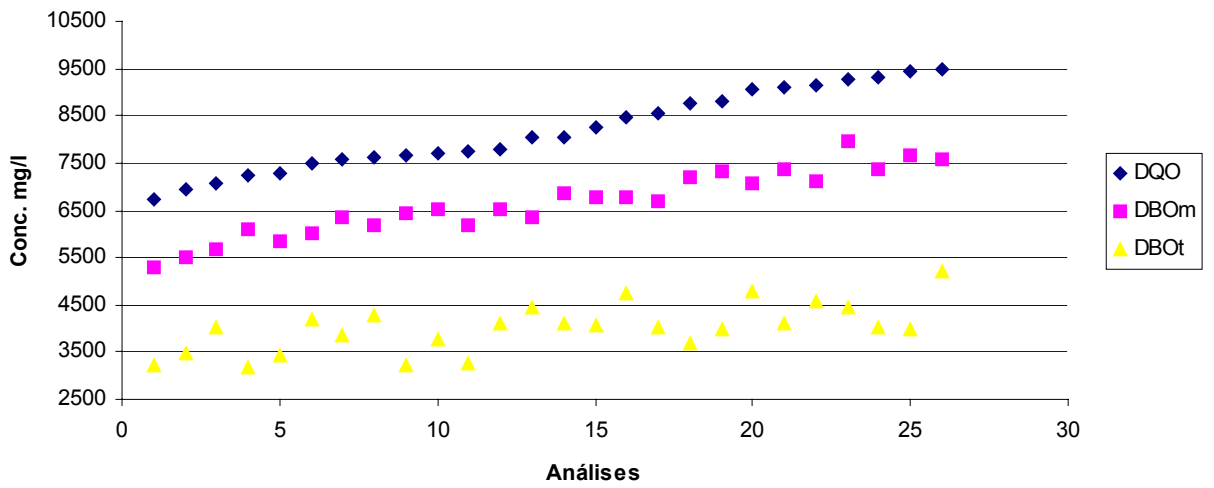


Gráfico 2 - Variação entre DQO e DBOmi

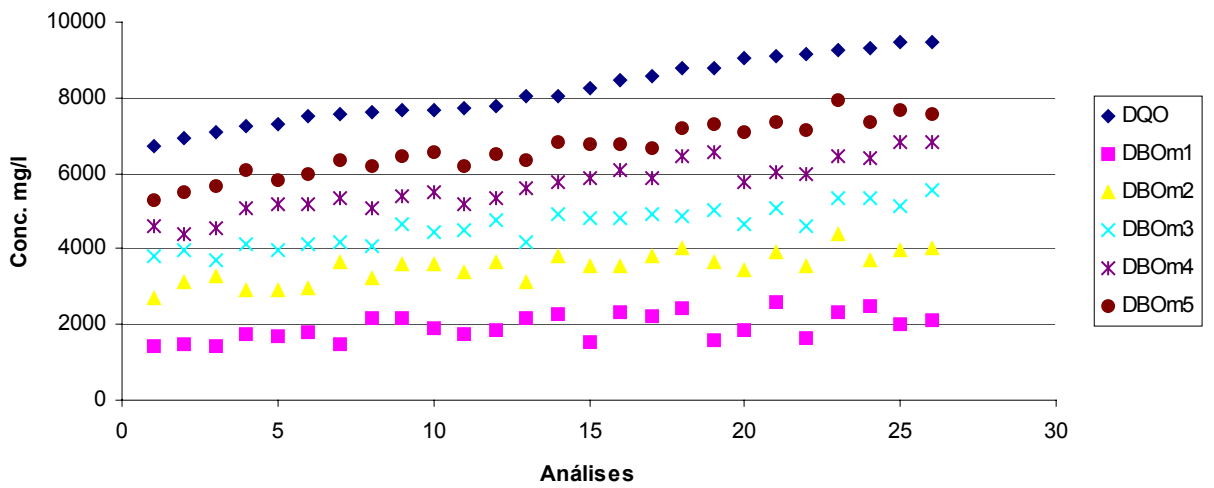
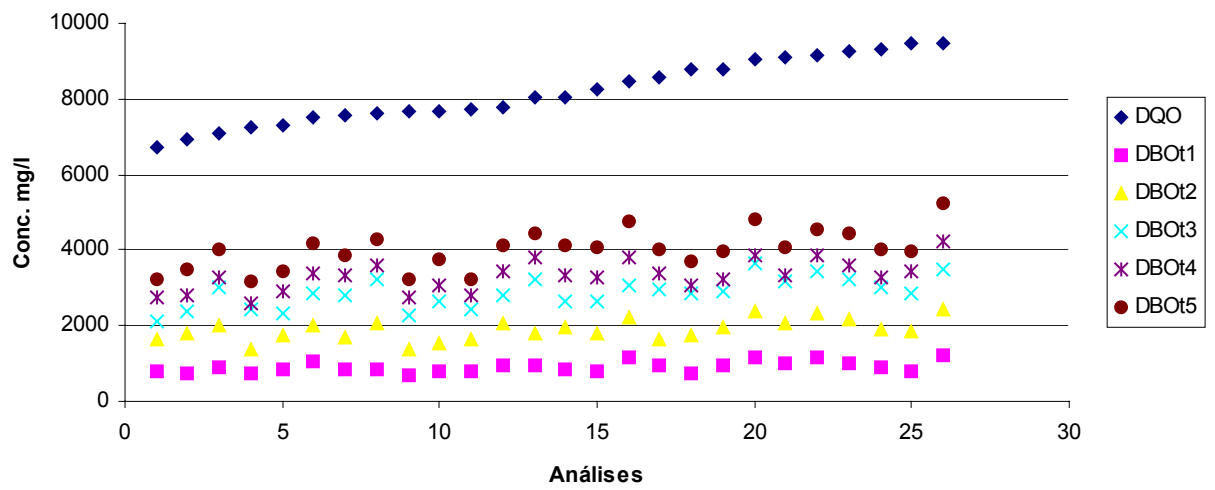


Gráfico 3 - Variação entre DQO e DBOti



## 1.2 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) – Método de Thomas

### 1.2.1 Método de Thomas para DBOm

Tabela 2 – Método de Thomas DBOm

DBOm1	DBOm2	DBOm3	DBOm4	DBOm5	Inclinação	Zero	k	k'
(t/y) <sup>1/3</sup>	(t/y) <sup>1/3</sup>	(t/y) <sup>1/3</sup>	(t/y) <sup>1/3</sup>	(t/y) <sup>1/3</sup>	o			
0,08626	0,08281	0,08544	0,08788	0,09037	0,00133	0,08256	0,04206	0,09673
0,08396	0,08821	0,09114	0,09171	0,09502	0,00256	0,08232	0,08127	0,18693
0,08178	0,08178	0,08570	0,09073	0,09148	0,00284	0,07778	0,09519	0,21894
0,08271	0,08809	0,08979	0,09247	0,09361	0,00262	0,08148	0,08389	0,19295
0,07567	0,07702	0,08256	0,08530	0,08565	0,00282	0,07277	0,10124	0,23285
0,07777	0,07921	0,08150	0,08365	0,08700	0,00229	0,07496	0,07974	0,18341
0,07685	0,08070	0,08468	0,08797	0,09081	0,00352	0,07365	0,12473	0,28688
0,08484	0,08252	0,08655	0,08746	0,08889	0,00130	0,08214	0,04140	0,09523
0,07620	0,08049	0,08474	0,08859	0,09004	0,00358	0,07328	0,12747	0,29318
0,08080	0,08224	0,08771	0,08998	0,09145	0,00290	0,07772	0,09752	0,22430
0,07732	0,08538	0,09027	0,09242	0,09318	0,00388	0,07609	0,13293	0,30575
0,08900	0,08471	0,09335	0,09587	0,09587	0,00249	0,08429	0,07715	0,17744
0,08768	0,08611	0,09119	0,09690	0,09690	0,00292	0,08298	0,09196	0,21152
0,08869	0,09039	0,09224	0,09531	0,09802	0,00236	0,08585	0,07169	0,16490
0,07949	0,07949	0,08363	0,08373	0,08676	0,00188	0,07699	0,06362	0,14632
0,08165	0,08329	0,08633	0,08838	0,08911	0,00200	0,07975	0,06553	0,15073
0,07705	0,08220	0,08653	0,09047	0,09195	0,00381	0,07421	0,13395	0,30808
0,08807	0,08199	0,08938	0,09078	0,09227	0,00172	0,08334	0,05382	0,12379
0,07423	0,07919	0,08497	0,08518	0,08859	0,00347	0,07202	0,12580	0,28934
0,07367	0,08163	0,08236	0,08550	0,08793	0,00324	0,07250	0,11659	0,26816
0,08221	0,08795	0,08982	0,09186	0,09410	0,00277	0,08088	0,08941	0,20565
0,08326	0,08376	0,08725	0,09164	0,09314	0,00276	0,07952	0,09073	0,20868
0,07732	0,08624	0,08939	0,08939	0,09228	0,00331	0,07700	0,11209	0,25780
0,08537	0,08181	0,08412	0,08474	0,08813	0,00084	0,08230	0,02675	0,06153
0,07572	0,08280	0,08543	0,08689	0,09036	0,00334	0,07422	0,11740	0,27003
0,07292	0,08000	0,08387	0,08715	0,08787	0,00371	0,07124	0,13574	0,31221

Donde o K' médio da DBOm é igual a 0,210 A 0,029 d<sup>-1</sup>.

Fator F é de 0,066 e C.D. é de 93,4%

## 1.2.2 Método de Thomas para DBOt

**Tabela 3 – Método de Thomas DBOti**

DBOt1	DBOt2	DBOt3	DBOt4	DBOt5	Inclinação	Zero	k	k'
(t/y) <sup>1/3</sup>	(t/y) <sup>1/3</sup>	(t/y) <sup>1/3</sup>	(t/y) <sup>1/3</sup>	(t/y) <sup>1/3</sup>	o			
0,10890	0,10672	0,11211	0,11297	0,11573	0,00199	0,10532	0,04930	0,11339
0,11104	0,10408	0,10772	0,11286	0,11286	0,00124	0,10599	0,03059	0,07035
0,10399	0,09965	0,09965	0,10690	0,10734	0,00140	0,09932	0,03670	0,08441
0,11084	0,11336	0,10733	0,11565	0,11613	0,00129	0,10881	0,03084	0,07094
0,10677	0,10463	0,10882	0,11119	0,11346	0,00199	0,10299	0,05052	0,11620
0,09839	0,09973	0,10165	0,10555	0,10598	0,00210	0,09596	0,05713	0,13141
0,10556	0,10556	0,10207	0,10637	0,10896	0,00076	0,10341	0,01925	0,04427
0,10538	0,09917	0,09782	0,10368	0,10538	0,00045	0,10093	0,01167	0,02685
0,11398	0,11398	0,10953	0,11354	0,11585	0,00033	0,11239	0,00764	0,01757
0,10811	0,10898	0,10438	0,10943	0,10988	0,00040	0,10696	0,00974	0,02240
0,10865	0,10648	0,10719	0,11271	0,11546	0,00198	0,10414	0,04974	0,11441
0,10181	0,09902	0,10231	0,10494	0,10666	0,00156	0,09826	0,04153	0,09553
0,10244	0,10326	0,09753	0,10164	0,10412	0,00017	0,10128	0,00447	0,01027
0,10676	0,10117	0,10395	0,10632	0,10676	0,00051	0,10345	0,01298	0,02986
0,10730	0,10394	0,10447	0,10685	0,10730	0,00029	0,10510	0,00723	0,01663
0,09577	0,09645	0,09909	0,10177	0,10177	0,00173	0,09377	0,04823	0,11093
0,10118	0,10664	0,10026	0,10578	0,10752	0,00118	0,10073	0,03064	0,07048
0,11073	0,10493	0,10146	0,10938	0,11073	0,00044	0,10611	0,01093	0,02514
0,10171	0,10101	0,10078	0,10719	0,10808	0,00189	0,09808	0,05037	0,11586
0,09539	0,09410	0,09368	0,10095	0,10136	0,00188	0,09146	0,05365	0,12341
0,09922	0,09922	0,09836	0,10601	0,10689	0,00221	0,09531	0,06055	0,13926
0,09570	0,09507	0,09570	0,10103	0,10309	0,00207	0,09190	0,05889	0,13546
0,09929	0,09722	0,09744	0,10360	0,10403	0,00158	0,09556	0,04328	0,09953
0,10432	0,10206	0,09997	0,10681	0,10769	0,00115	0,10072	0,02977	0,06847
0,10799	0,10308	0,10163	0,10542	0,10799	0,00023	0,10452	0,00585	0,01346
0,09409	0,09342	0,09502	0,09817	0,09858	0,00137	0,09174	0,03905	0,08982

Donde o  $K'$  médio da DBOt é igual a  $0,075 A 0,017 d^{-1}$ .

Fator F é de 0,282 e C.D. é de 71,7%

### 1.3 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) - Método de Regressão Linear

#### 1.3.1 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) DBOm - Método de Regressão Linear

**Tabela 4 – Método de Regressão Linear**

<b>DBOm1</b>	<b>DBOm2</b>	<b>DBOm3</b>	<b>DBOm4</b>	<b>DBOm5</b>	<b>Coeficiente</b>
<b>Ln m1</b>	<b>Ln m2</b>	<b>Ln m3</b>	<b>Ln m4</b>	<b>Ln m5</b>	<b>Km</b>
7,26794	7,90393	8,24877	8,43801	8,57727	0,31527
7,30230	8,04952	8,28313	8,38849	8,61164	0,29576
7,25728	8,09885	8,21280	8,42044	8,64358	0,30942
7,47736	7,98126	8,32957	8,52890	8,71523	0,30234
7,43242	7,97714	8,28463	8,55376	8,67029	0,30524
7,49554	7,98616	8,32845	8,54869	8,69951	0,29705
7,28898	8,19653	8,34314	8,58430	8,75865	0,33271
7,67930	8,07520	8,31361	8,53067	8,72912	0,25551
7,69008	8,18907	8,44039	8,59454	8,76889	0,25631
7,54741	8,18745	8,39962	8,61093	8,78529	0,28992
7,45727	8,13240	8,41553	8,55588	8,73024	0,29694
7,51122	8,20437	8,46948	8,58574	8,78419	0,29273
7,67952	8,04498	8,34281	8,63049	8,75833	0,27431
7,72312	8,25196	8,50327	8,65742	8,83178	0,26228
7,35117	8,16692	8,47836	8,68159	8,82085	0,34540
7,74233	8,16722	8,47865	8,71578	8,82114	0,27062
7,69761	8,24416	8,50517	8,67844	8,80628	0,26516
7,80172	8,30071	8,49486	8,77517	8,88053	0,26321
7,38216	8,20314	8,52523	8,79093	8,89629	0,36160
7,51587	8,14959	8,44743	8,66449	8,86294	0,32090
7,85538	8,27032	8,53414	8,70675	8,90520	0,25361
7,40086	8,17738	8,43975	8,69618	8,87053	0,34581
7,74401	8,38404	8,58140	8,77116	8,98188	0,28629
7,82431	8,20997	8,58841	8,76386	8,90312	0,27115
7,59619	8,28933	8,54278	8,82673	8,94326	0,32315
7,66188	8,29997	8,62014	8,82949	8,93485	0,30754

Donde o K' médio da DBOm é igual a 0,296 A 0,012 d<sup>-1</sup>.

Fator F é de 0,011 e C.D. é de 98,9%



### 1.3.2 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) DBOt - Método de Regressão Linear

**Tabela 5 – Método de Regressão Linear - DBOti**

<b>DBOt1</b>	<b>DBOt2</b>	<b>DBOt3</b>	<b>DBOt4</b>	<b>DBOt5</b>	<b>Coeficiente</b>
<b>Ln t1</b>	<b>Ln t2</b>	<b>Ln t3</b>	<b>Ln t4</b>	<b>Ln t5</b>	<b>Kt</b>
6,65191	7,40568	7,66351	7,92820	8,07902	0,33768
6,59356	7,48087	7,78315	7,93107	8,15421	0,35715
6,79048	7,61146	8,01692	8,09388	8,30460	0,35107
6,59893	7,22463	7,79417	7,85788	8,06860	0,35726
6,71130	7,46507	7,75275	7,97589	8,13841	0,33651
6,95655	7,60887	7,95718	8,13212	8,34284	0,32958
6,74553	7,43868	7,94495	8,10884	8,25966	0,36984
6,75059	7,62606	8,07234	8,18567	8,36002	0,37785
6,51510	7,20824	7,73325	7,91323	8,07574	0,38263
6,67381	7,34286	7,87778	8,02374	8,23446	0,38022
6,65876	7,41254	7,79820	7,93506	8,08588	0,33768
6,85399	7,63051	7,93800	8,14931	8,32366	0,34581
6,83556	7,50461	8,08150	8,24539	8,39621	0,38621
6,71151	7,56593	7,89017	8,11023	8,32095	0,37632
6,69651	7,48497	7,87517	8,09523	8,30595	0,38291
7,03735	7,70944	8,03368	8,24132	8,46447	0,33861
6,87260	7,40812	7,99861	8,12536	8,29972	0,35715
6,60204	7,45645	7,96302	8,02515	8,21148	0,37876
6,85700	7,57076	7,98301	8,08566	8,28411	0,33691
7,04941	7,78338	8,20209	8,26580	8,47653	0,33367
6,93112	7,62426	8,05605	8,11896	8,31741	0,32673
7,03955	7,75250	8,13816	8,26333	8,42585	0,32834
6,92906	7,68538	8,08402	8,18801	8,39873	0,34420
6,78075	7,53985	8,00719	8,09642	8,29487	0,35848
6,67704	7,50995	7,95798	8,13566	8,28648	0,38446
7,09048	7,80513	8,15968	8,34944	8,56016	0,34837

Donde o K' médio da DBOt é igual a 0,355 A 0,008 d<sup>-1</sup>

Fator F é de 0,062 e C.D. é de 93,8 %

#### 1.4 Cálculo do Coeficiente Cinético ajustado ( km\*) – Método de Regressão Linear

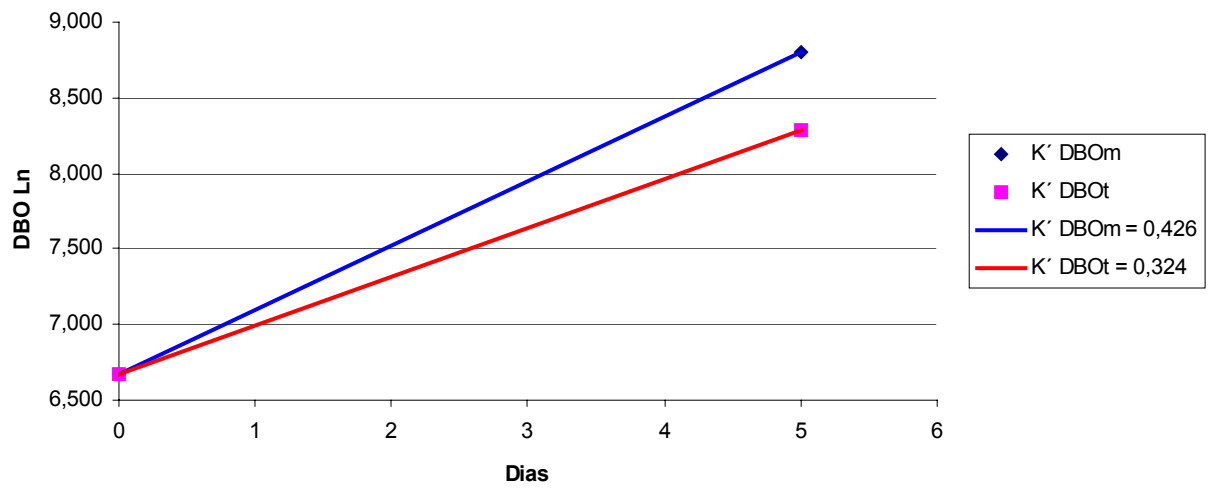
**Tabela 6 – Coeficiente Cinético Ajustado**

<b>DBOt0</b>	<b>DBOm5</b>	<b>DBOt0</b>	<b>DBOt5</b>	<b>Inclinação</b>	<b>Inclinação</b>
<b>Ln t 0</b>	<b>Ln m5</b>	<b>Ln t 0</b>	<b>Ln t5</b>	<b>Km</b>	<b>Kt</b>
6,543	8,821	6,543	8,306	0,456	0,353
6,599	8,670	6,599	8,138	0,414	0,308
6,742	8,784	6,742	8,324	0,409	0,316
6,437	8,715	6,437	8,069	0,456	0,326
6,824	8,982	6,824	8,399	0,431	0,315
6,948	8,935	6,948	8,560	0,397	0,322
6,669	8,806	6,669	8,300	0,427	0,326
6,939	8,871	6,939	8,426	0,386	0,297
6,591	8,832	6,591	8,321	0,448	0,346
6,490	8,785	6,490	8,234	0,459	0,349
6,665	8,729	6,665	8,360	0,413	0,339
6,710	8,644	6,710	8,305	0,387	0,319
6,517	8,612	6,517	8,154	0,419	0,327
6,533	8,577	6,533	8,079	0,409	0,309
6,560	8,943	6,560	8,286	0,477	0,345
6,954	8,863	6,954	8,477	0,382	0,304
6,341	8,769	6,341	8,076	0,486	0,347
6,590	8,759	6,590	8,260	0,434	0,334
6,515	8,881	6,515	8,211	0,473	0,339
6,668	8,903	6,668	8,295	0,447	0,325
6,811	8,700	6,811	8,343	0,378	0,306
6,565	8,730	6,565	8,086	0,433	0,304
6,654	8,758	6,654	8,396	0,421	0,348
6,745	8,896	6,745	8,284	0,430	0,308
6,881	8,821	6,881	8,464	0,388	0,317
6,829	8,905	6,829	8,317	0,415	0,298

**K' médio para DBOm ajustado é de 0,426 A 0,007 d<sup>-1</sup>.**

**K' médio para DBOt é de 0,276 A 0,006**

Gráfico 4 - Coeficientes Cinéticos ( K' ) ajustados entre DBOm e DBOt



## 1.5 Fatores de Correlação entre DQO, DBOm e DBOt

**Tabela 7 – Fatores de Correlação**

<b>DQO</b>	<b>DBOm5</b>	<b>DBOt5</b>	<b>DQO/DBOm</b>	<b>DQO/DBOt</b>	<b>DBOm/DBOt</b>
6721	5310	3226	1,27	2,08	1,65
6956	5495	3478	1,27	2,00	1,58
7092	5674	4042	1,25	1,75	1,40
7256	6095	3193	1,19	2,27	1,91
7284	5827	3423	1,25	2,13	1,70
7500	6000	4200	1,25	1,79	1,43
7578	6366	3865	1,19	1,96	1,65
7630	6180	4273	1,23	1,79	1,45
7656	6431	3216	1,19	2,38	2,00
7691	6537	3769	1,18	2,04	1,73
7734	6187	3248	1,25	2,38	1,90
7774	6530	4120	1,19	1,89	1,58
8055	6363	4430	1,27	1,82	1,44
8057	6848	4109	1,18	1,96	1,67
8261	6774	4048	1,22	2,04	1,67
8470	6776	4743	1,25	1,79	1,43
8559	6676	4023	1,28	2,13	1,66
8769	7191	3683	1,22	2,38	1,95
8801	7305	3960	1,20	2,22	1,84
9058	7065	4801	1,28	1,89	1,47
9099	7370	4095	1,23	2,22	1,80
9127	7119	4564	1,28	2,00	1,56
9253	7958	4441	1,16	2,08	1,79
9310	7355	4003	1,27	2,33	1,84
9452	7656	3970	1,23	2,38	1,93
9490	7592	5220	1,25	1,82	1,45

**Fator DQO/DBOm = 1,23 A 0,015**

**Fator DQO/DBOt = 2,06 A 0,085**

**Fator DBOm/DBOt = 1,61 A 0,075**

## Anexo III – Efluentes Industriais

### 1 Efluente Industrial oxigênio dissolvido entre 2 e 3 mg/l.

#### 1.2 Resultados Gerais

**Tabela 1 – Resultados de DQO, DBOmi e DBOti.**

DQO	DBOm1	DBOm2	DBOm3	DBOm4	DBOm5	DBOt1	DBOt2	DBOt3	DBOt4	DBOt5
6721	1434	2708	3823	4619	5310	774	1645	2129	2774	3226
6956	1484	3132	3957	4396	5495	730	1774	2400	2782	3478
7092	1418	3291	3688	4539	5674	889	2021	3032	3274	4042
7256	1768	2926	4145	5059	6095	734	1373	2426	2586	3193
7284	1690	2914	3962	5186	5827	822	1746	2328	2910	3423
7500	1800	2940	4140	5160	6000	1050	2016	2856	3402	4200
7578	1464	3628	4201	5347	6366	850	1701	2821	3324	3865
7630	2163	3214	4079	5068	6180	855	2051	3205	3589	4273
7656	2187	3601	4630	5402	6431	675	1351	2283	2733	3216
7691	1896	3596	4445	5491	6537	791	1545	2638	3053	3769
7734	1732	3403	4517	5197	6187	780	1657	2436	2794	3248
7774	1828	3657	4767	5355	6530	948	2060	2802	3461	4120
8055	2164	3118	4200	5600	6363	930	1816	3234	3810	4430
8057	2260	3835	4931	5753	6848	822	1931	2671	3328	4109
8261	1558	3522	4810	5893	6774	810	1781	2631	3279	4048
8470	2304	3524	4811	6098	6776	1138	2229	3083	3795	4743
8559	2203	3805	4940	5875	6676	965	1649	2977	3379	4023
8769	2445	4027	4890	6472	7191	737	1731	2873	3057	3683
8801	1607	3652	5040	6574	7305	951	1941	2931	3248	3960
9058	1837	3462	4663	5793	7065	1152	2400	3649	3889	4801
9099	2580	3906	5085	6044	7370	1024	2047	3153	3358	4095
9127	1637	3560	4627	5980	7119	1141	2327	3423	3879	4564
9253	2308	4377	5332	6446	7958	1022	2176	3242	3598	4441
9310	2501	3677	5369	6399	7355	881	1882	3002	3283	4003
9452	1991	3981	5130	6814	7656	794	1826	2858	3414	3970
9490	2126	4024	5542	6833	7592	1200	2453	3497	4228	5220

Gráfico 1 - Resultados Gerais de DQO, DBOm e DBOt

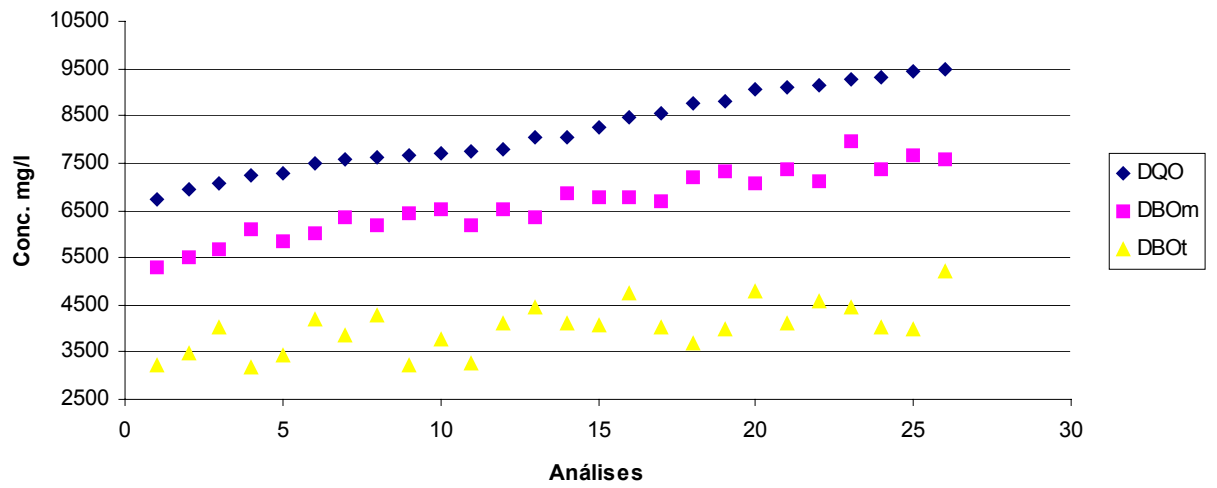


Gráfico 2 - Variação entre DQO e DBOmi

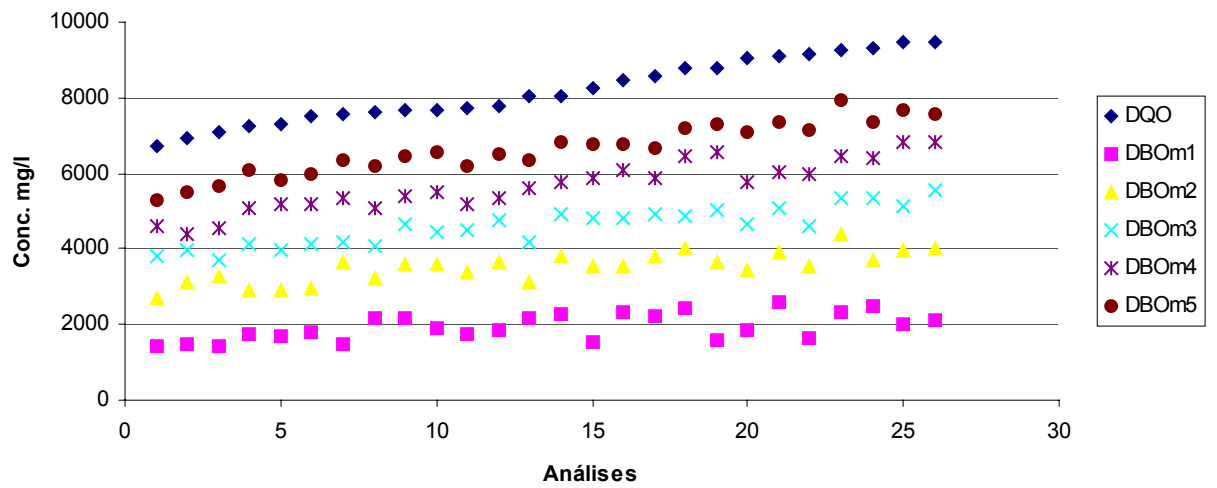
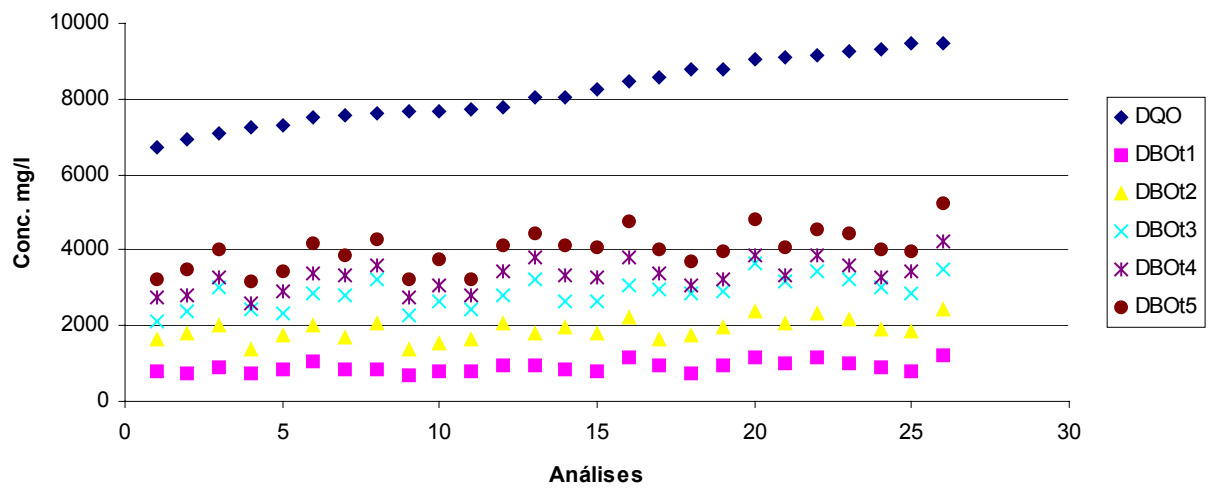


Gráfico 3 - Variação entre DQO e DBOti



## 1.2 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) – Método de Thomas

### 1.2.1 Método de Thomas para DBOm

**Tabela 2 – Método de Thomas DBOm**

DBOm1	DBOm2	DBOm3	DBOm4	DBOm5	Inclinação	Zero	k	k'
(t/y) <sup>1/3</sup>	(t/y) <sup>1/3</sup>	(t/y) <sup>1/3</sup>	(t/y) <sup>1/3</sup>	(t/y) <sup>1/3</sup>	o			
0,08626	0,08281	0,08544	0,08788	0,09037	0,00133	0,08256	0,04206	0,09673
0,08396	0,08821	0,09114	0,09171	0,09502	0,00256	0,08232	0,08127	0,18693
0,08178	0,08178	0,08570	0,09073	0,09148	0,00284	0,07778	0,09519	0,21894
0,08271	0,08809	0,08979	0,09247	0,09361	0,00262	0,08148	0,08389	0,19295
0,07567	0,07702	0,08256	0,08530	0,08565	0,00282	0,07277	0,10124	0,23285
0,07777	0,07921	0,08150	0,08365	0,08700	0,00229	0,07496	0,07974	0,18341
0,07685	0,08070	0,08468	0,08797	0,09081	0,00352	0,07365	0,12473	0,28688
0,08484	0,08252	0,08655	0,08746	0,08889	0,00130	0,08214	0,04140	0,09523
0,07620	0,08049	0,08474	0,08859	0,09004	0,00358	0,07328	0,12747	0,29318
0,08080	0,08224	0,08771	0,08998	0,09145	0,00290	0,07772	0,09752	0,22430
0,07732	0,08538	0,09027	0,09242	0,09318	0,00388	0,07609	0,13293	0,30575
0,08900	0,08471	0,09335	0,09587	0,09587	0,00249	0,08429	0,07715	0,17744
0,08768	0,08611	0,09119	0,09690	0,09690	0,00292	0,08298	0,09196	0,21152
0,08869	0,09039	0,09224	0,09531	0,09802	0,00236	0,08585	0,07169	0,16490
0,07949	0,07949	0,08363	0,08373	0,08676	0,00188	0,07699	0,06362	0,14632
0,08165	0,08329	0,08633	0,08838	0,08911	0,00200	0,07975	0,06553	0,15073
0,07705	0,08220	0,08653	0,09047	0,09195	0,00381	0,07421	0,13395	0,30808
0,08807	0,08199	0,08938	0,09078	0,09227	0,00172	0,08334	0,05382	0,12379
0,07423	0,07919	0,08497	0,08518	0,08859	0,00347	0,07202	0,12580	0,28934
0,07367	0,08163	0,08236	0,08550	0,08793	0,00324	0,07250	0,11659	0,26816
0,08221	0,08795	0,08982	0,09186	0,09410	0,00277	0,08088	0,08941	0,20565
0,08326	0,08376	0,08725	0,09164	0,09314	0,00276	0,07952	0,09073	0,20868
0,07732	0,08624	0,08939	0,08939	0,09228	0,00331	0,07700	0,11209	0,25780
0,08537	0,08181	0,08412	0,08474	0,08813	0,00084	0,08230	0,02675	0,06153
0,07572	0,08280	0,08543	0,08689	0,09036	0,00334	0,07422	0,11740	0,27003
0,07292	0,08000	0,08387	0,08715	0,08787	0,00371	0,07124	0,13574	0,31221

Donde o K' médio da DBOm é igual a 0,210 A 0,029 d<sup>-1</sup>.

Fator F é de 0,066 e C.D. é de 93,4%



## 1.2.2 Método de Thomas para DBOt

**Tabela 3 – Método de Thomas DBOt<sub>i</sub>**

DBOt1	DBOt2	DBOt3	DBOt4	DBOt5	Inclinação	Zero	k	k'
(t/y) <sup>1/3</sup>	(t/y) <sup>1/3</sup>	(t/y) <sup>1/3</sup>	(t/y) <sup>1/3</sup>	(t/y) <sup>1/3</sup>	o	Zero	k	k'
0,10890	0,10672	0,11211	0,11297	0,11573	0,00199	0,10532	0,04930	0,11339
0,11104	0,10408	0,10772	0,11286	0,11286	0,00124	0,10599	0,03059	0,07035
0,10399	0,09965	0,09965	0,10690	0,10734	0,00140	0,09932	0,03670	0,08441
0,11084	0,11336	0,10733	0,11565	0,11613	0,00129	0,10881	0,03084	0,07094
0,10677	0,10463	0,10882	0,11119	0,11346	0,00199	0,10299	0,05052	0,11620
0,09839	0,09973	0,10165	0,10555	0,10598	0,00210	0,09596	0,05713	0,13141
0,10556	0,10556	0,10207	0,10637	0,10896	0,00076	0,10341	0,01925	0,04427
0,10538	0,09917	0,09782	0,10368	0,10538	0,00045	0,10093	0,01167	0,02685
0,11398	0,11398	0,10953	0,11354	0,11585	0,00033	0,11239	0,00764	0,01757
0,10811	0,10898	0,10438	0,10943	0,10988	0,00040	0,10696	0,00974	0,02240
0,10865	0,10648	0,10719	0,11271	0,11546	0,00198	0,10414	0,04974	0,11441
0,10181	0,09902	0,10231	0,10494	0,10666	0,00156	0,09826	0,04153	0,09553
0,10244	0,10326	0,09753	0,10164	0,10412	0,00017	0,10128	0,00447	0,01027
0,10676	0,10117	0,10395	0,10632	0,10676	0,00051	0,10345	0,01298	0,02986
0,10730	0,10394	0,10447	0,10685	0,10730	0,00029	0,10510	0,00723	0,01663
0,09577	0,09645	0,09909	0,10177	0,10177	0,00173	0,09377	0,04823	0,11093
0,10118	0,10664	0,10026	0,10578	0,10752	0,00118	0,10073	0,03064	0,07048
0,11073	0,10493	0,10146	0,10938	0,11073	0,00044	0,10611	0,01093	0,02514
0,10171	0,10101	0,10078	0,10719	0,10808	0,00189	0,09808	0,05037	0,11586
0,09539	0,09410	0,09368	0,10095	0,10136	0,00188	0,09146	0,05365	0,12341
0,09922	0,09922	0,09836	0,10601	0,10689	0,00221	0,09531	0,06055	0,13926
0,09570	0,09507	0,09570	0,10103	0,10309	0,00207	0,09190	0,05889	0,13546
0,09929	0,09722	0,09744	0,10360	0,10403	0,00158	0,09556	0,04328	0,09953
0,10432	0,10206	0,09997	0,10681	0,10769	0,00115	0,10072	0,02977	0,06847
0,10799	0,10308	0,10163	0,10542	0,10799	0,00023	0,10452	0,00585	0,01346
0,09409	0,09342	0,09502	0,09817	0,09858	0,00137	0,09174	0,03905	0,08982

Donde o K' médio da DBOt é igual a 0,075 A 0,017 d<sup>-1</sup>.

Fator F é de 0,282 e C.D. é de 71,7%

### 1.3 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) - Método de Regressão Linear

#### 1.3.1 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) DBOm - Método de Regressão Linear

**Tabela 4 – Método de Regressão Linear**

<b>DBOm1</b>	<b>DBOm2</b>	<b>DBOm3</b>	<b>DBOm4</b>	<b>DBOm5</b>	<b>Coeficiente</b>
<b>Ln m1</b>	<b>Ln m2</b>	<b>Ln m3</b>	<b>Ln m4</b>	<b>Ln m5</b>	<b>Km</b>
7,26794	7,90393	8,24877	8,43801	8,57727	0,31527
7,30230	8,04952	8,28313	8,38849	8,61164	0,29576
7,25728	8,09885	8,21280	8,42044	8,64358	0,30942
7,47736	7,98126	8,32957	8,52890	8,71523	0,30234
7,43242	7,97714	8,28463	8,55376	8,67029	0,30524
7,49554	7,98616	8,32845	8,54869	8,69951	0,29705
7,28898	8,19653	8,34314	8,58430	8,75865	0,33271
7,67930	8,07520	8,31361	8,53067	8,72912	0,25551
7,69008	8,18907	8,44039	8,59454	8,76889	0,25631
7,54741	8,18745	8,39962	8,61093	8,78529	0,28992
7,45727	8,13240	8,41553	8,55588	8,73024	0,29694
7,51122	8,20437	8,46948	8,58574	8,78419	0,29273
7,67952	8,04498	8,34281	8,63049	8,75833	0,27431
7,72312	8,25196	8,50327	8,65742	8,83178	0,26228
7,35117	8,16692	8,47836	8,68159	8,82085	0,34540
7,74233	8,16722	8,47865	8,71578	8,82114	0,27062
7,69761	8,24416	8,50517	8,67844	8,80628	0,26516
7,80172	8,30071	8,49486	8,77517	8,88053	0,26321
7,38216	8,20314	8,52523	8,79093	8,89629	0,36160
7,51587	8,14959	8,44743	8,66449	8,86294	0,32090
7,85538	8,27032	8,53414	8,70675	8,90520	0,25361
7,40086	8,17738	8,43975	8,69618	8,87053	0,34581
7,74401	8,38404	8,58140	8,77116	8,98188	0,28629
7,82431	8,20997	8,58841	8,76386	8,90312	0,27115
7,59619	8,28933	8,54278	8,82673	8,94326	0,32315
7,66188	8,29997	8,62014	8,82949	8,93485	0,30754

Donde o K' médio da DBOm é igual a 0,296 A 0,012 d<sup>-1</sup>.

Fator F é de 0,011 e C.D. é de 98,9%

### 1.3.2 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) DBOt - Método de Regressão Linear

**Tabela 5 – Método de Regressão Linear - DBOti**

<b>DBOt1</b>	<b>DBOt2</b>	<b>DBOt3</b>	<b>DBOt4</b>	<b>DBOt5</b>	<b>Coeficiente</b>
<b>Ln t1</b>	<b>Ln t2</b>	<b>Ln t3</b>	<b>Ln t4</b>	<b>Ln t5</b>	<b>Kt</b>
6,65191	7,40568	7,66351	7,92820	8,07902	0,33768
6,59356	7,48087	7,78315	7,93107	8,15421	0,35715
6,79048	7,61146	8,01692	8,09388	8,30460	0,35107
6,59893	7,22463	7,79417	7,85788	8,06860	0,35726
6,71130	7,46507	7,75275	7,97589	8,13841	0,33651
6,95655	7,60887	7,95718	8,13212	8,34284	0,32958
6,74553	7,43868	7,94495	8,10884	8,25966	0,36984
6,75059	7,62606	8,07234	8,18567	8,36002	0,37785
6,51510	7,20824	7,73325	7,91323	8,07574	0,38263
6,67381	7,34286	7,87778	8,02374	8,23446	0,38022
6,65876	7,41254	7,79820	7,93506	8,08588	0,33768
6,85399	7,63051	7,93800	8,14931	8,32366	0,34581
6,83556	7,50461	8,08150	8,24539	8,39621	0,38621
6,71151	7,56593	7,89017	8,11023	8,32095	0,37632
6,69651	7,48497	7,87517	8,09523	8,30595	0,38291
7,03735	7,70944	8,03368	8,24132	8,46447	0,33861
6,87260	7,40812	7,99861	8,12536	8,29972	0,35715
6,60204	7,45645	7,96302	8,02515	8,21148	0,37876
6,85700	7,57076	7,98301	8,08566	8,28411	0,33691
7,04941	7,78338	8,20209	8,26580	8,47653	0,33367
6,93112	7,62426	8,05605	8,11896	8,31741	0,32673
7,03955	7,75250	8,13816	8,26333	8,42585	0,32834
6,92906	7,68538	8,08402	8,18801	8,39873	0,34420
6,78075	7,53985	8,00719	8,09642	8,29487	0,35848
6,67704	7,50995	7,95798	8,13566	8,28648	0,38446
7,09048	7,80513	8,15968	8,34944	8,56016	0,34837

Donde o K' médio da DBOt é igual a 0,355 A 0,008 d<sup>-1</sup>

Fator F é de 0,062 e C.D. é de 93,8 %

#### 1.4 Cálculo do Coeficiente Cinético ajustado ( km\*) – Método de Regressão Linear

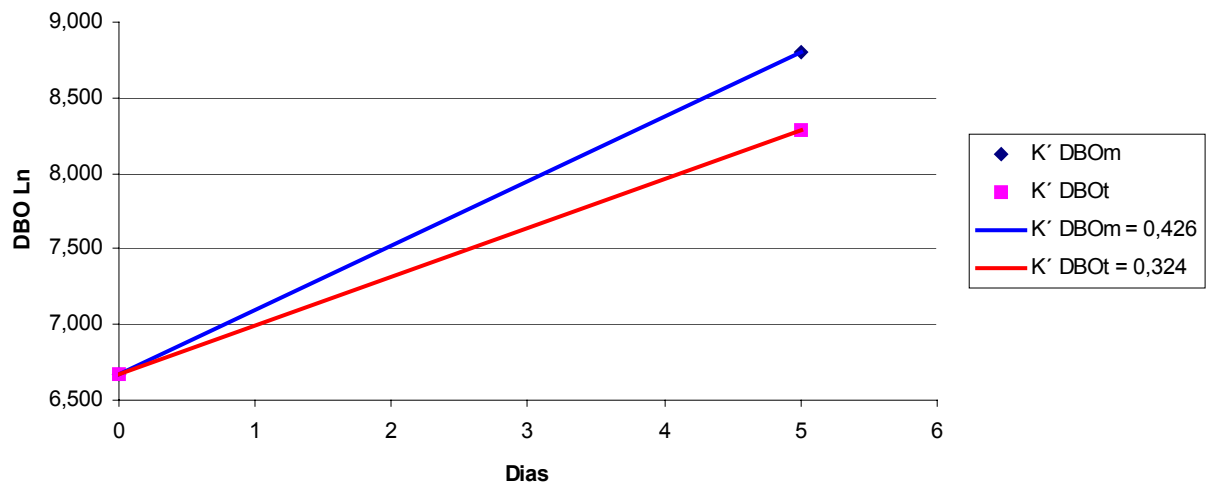
**Tabela 6 – Coeficiente Cinético Ajustado**

<b>DBOt0</b>	<b>DBOm5</b>	<b>DBOt0</b>	<b>DBOt5</b>	<b>Inclinação</b>	<b>Inclinação</b>
<b>Ln t 0</b>	<b>Ln m5</b>	<b>Ln t 0</b>	<b>Ln t5</b>	<b>Km</b>	<b>Kt</b>
6,543	8,821	6,543	8,306	0,456	0,353
6,599	8,670	6,599	8,138	0,414	0,308
6,742	8,784	6,742	8,324	0,409	0,316
6,437	8,715	6,437	8,069	0,456	0,326
6,824	8,982	6,824	8,399	0,431	0,315
6,948	8,935	6,948	8,560	0,397	0,322
6,669	8,806	6,669	8,300	0,427	0,326
6,939	8,871	6,939	8,426	0,386	0,297
6,591	8,832	6,591	8,321	0,448	0,346
6,490	8,785	6,490	8,234	0,459	0,349
6,665	8,729	6,665	8,360	0,413	0,339
6,710	8,644	6,710	8,305	0,387	0,319
6,517	8,612	6,517	8,154	0,419	0,327
6,533	8,577	6,533	8,079	0,409	0,309
6,560	8,943	6,560	8,286	0,477	0,345
6,954	8,863	6,954	8,477	0,382	0,304
6,341	8,769	6,341	8,076	0,486	0,347
6,590	8,759	6,590	8,260	0,434	0,334
6,515	8,881	6,515	8,211	0,473	0,339
6,668	8,903	6,668	8,295	0,447	0,325
6,811	8,700	6,811	8,343	0,378	0,306
6,565	8,730	6,565	8,086	0,433	0,304
6,654	8,758	6,654	8,396	0,421	0,348
6,745	8,896	6,745	8,284	0,430	0,308
6,881	8,821	6,881	8,464	0,388	0,317
6,829	8,905	6,829	8,317	0,415	0,298

**K' médio para DBOm ajustado é de 0,426 A 0,007 d<sup>-1</sup>.**

**K' médio para DBOt é de 0,276 A 0,006**

Gráfico 4 - Coeficientes Cinéticos (K') ajustados entre DBOm e DBOt



## 1.5 Fatores de Correlação entre DQO, DBOm e DBOt

**Tabela 7 – Fatores de Correlação**

<b>DQO</b>	<b>DBOm5</b>	<b>DBOt5</b>	<b>DQO/DBOm</b>	<b>DQO/DBOt</b>	<b>DBOm/DBOt</b>
6721	5310	3226	1,27	2,08	1,65
6956	5495	3478	1,27	2,00	1,58
7092	5674	4042	1,25	1,75	1,40
7256	6095	3193	1,19	2,27	1,91
7284	5827	3423	1,25	2,13	1,70
7500	6000	4200	1,25	1,79	1,43
7578	6366	3865	1,19	1,96	1,65
7630	6180	4273	1,23	1,79	1,45
7656	6431	3216	1,19	2,38	2,00
7691	6537	3769	1,18	2,04	1,73
7734	6187	3248	1,25	2,38	1,90
7774	6530	4120	1,19	1,89	1,58
8055	6363	4430	1,27	1,82	1,44
8057	6848	4109	1,18	1,96	1,67
8261	6774	4048	1,22	2,04	1,67
8470	6776	4743	1,25	1,79	1,43
8559	6676	4023	1,28	2,13	1,66
8769	7191	3683	1,22	2,38	1,95
8801	7305	3960	1,20	2,22	1,84
9058	7065	4801	1,28	1,89	1,47
9099	7370	4095	1,23	2,22	1,80
9127	7119	4564	1,28	2,00	1,56
9253	7958	4441	1,16	2,08	1,79
9310	7355	4003	1,27	2,33	1,84
9452	7656	3970	1,23	2,38	1,93
9490	7592	5220	1,25	1,82	1,45

**Fator DQO/DBOm = 1,23 A 0,015**

**Fator DQO/DBOt = 2,06 A 0,085**

**Fator DBOm/DBOt = 1,61 A 0,075**

## 2 Efluente Industrial oxigênio dissolvido entre 3 e 4 mg/l.

### 2.1 Resultados Gerais

**Tabela 8 – Resultados de DQO, DBO<sub>mi</sub> e DBO<sub>ti</sub>.**

DQO	DBOm1	DBOm2	DBOm3	DBOm4	DBOm5	DBOt1	DBOt2	DBOt3	DBOt4	DBOt5
6068	1699	2282	3738	4175	4854	878	1788	2145	2860	3251
6398	1617	2325	3538	4600	5054	1128	1945	2839	3150	3889
6614	1356	2603	3796	4881	5423	1187	2373	3512	4130	4747
6615	1867	2855	3898	4777	5490	979	1697	2285	2611	3264
6740	1264	2528	3791	4499	5055	991	1942	2616	3488	3964
6928	1875	2613	4261	4999	5681	1286	2388	3444	3719	4592
7047	1691	2431	3700	4862	5285	866	1871	2357	2807	3466
7128	1764	2833	3956	4544	5346	1455	2458	3361	4063	5016
7159	1526	2759	4696	5166	5870	1025	1674	2357	2733	3416
7450	1588	2993	4398	5376	6109	1194	2067	3123	3766	4593
7749	1801	3280	4695	5660	6432	862	1437	2108	2747	3194
7834	2120	3083	5139	5525	6424	1318	2168	3146	3401	4252
7855	1885	3331	4902	5907	6284	1691	2288	3332	4277	4973
7886	1774	3016	4554	5323	5915	1067	1849	2382	2951	3556
8152	1739	3284	4766	5925	6440	1152	2005	2987	3584	4267
8202	2138	3175	5119	5961	6480	892	1439	2100	2532	2877
8224	2065	3131	4730	5862	6661	1074	1579	2052	2715	3157
8267	2210	3013	5156	5826	6696	1622	2669	3507	4501	5234
8422	1945	2918	4734	5707	6485	1496	2572	3180	4208	4676
8644	1794	3372	5453	6314	7175	1047	1702	2160	2782	3273
8706	2529	3324	5636	6214	7226	1408	2111	3167	3915	4399
8957	1935	3654	5446	6234	7166	998	1804	2255	2834	3221
8991	2360	3169	4923	5867	6743	857	1654	2009	2393	2954
9203	2236	3578	5740	6485	7454	1378	2707	3494	4233	4922
9204	2002	3659	5039	6075	6903	1738	2731	3376	4270	4965
9430	2215	3666	5423	6722	7638	1143	1837	2980	3511	4082

Gráfico 5 - Resultados Gerais de DQO, DBOm e DBOt

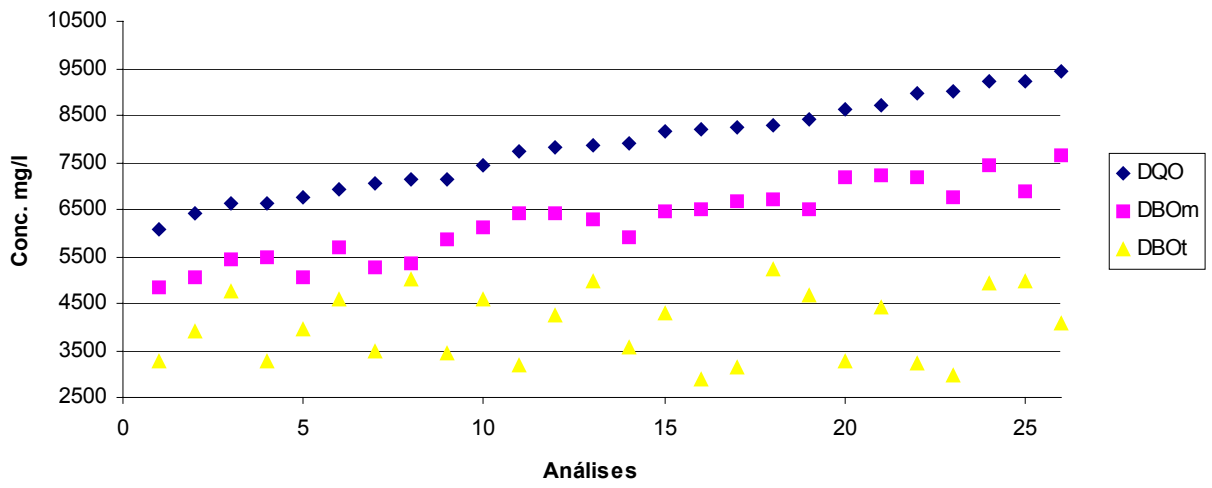


Gráfico 6 - Variação de DQO e DBOm<sub>i</sub>

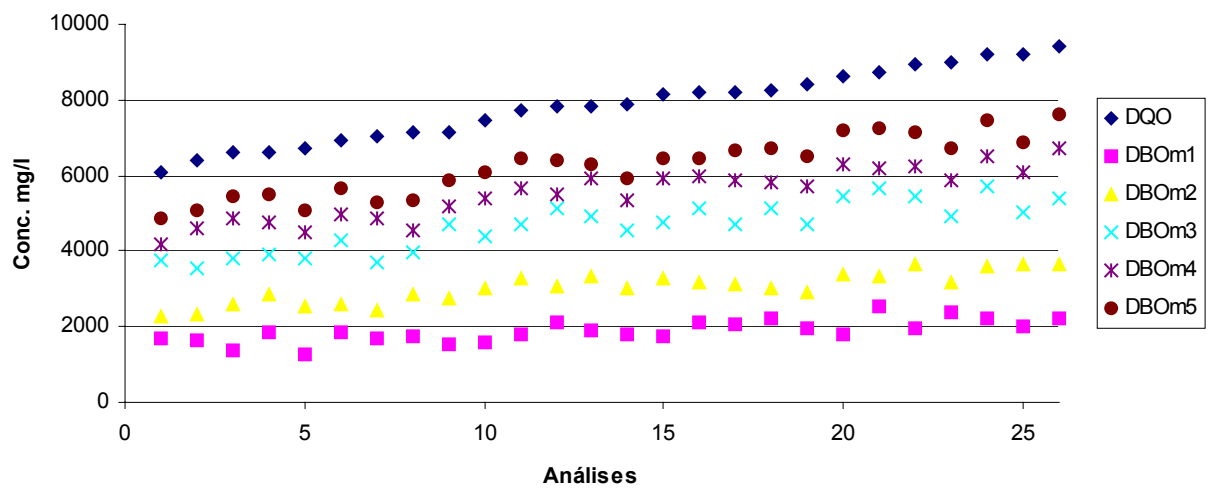
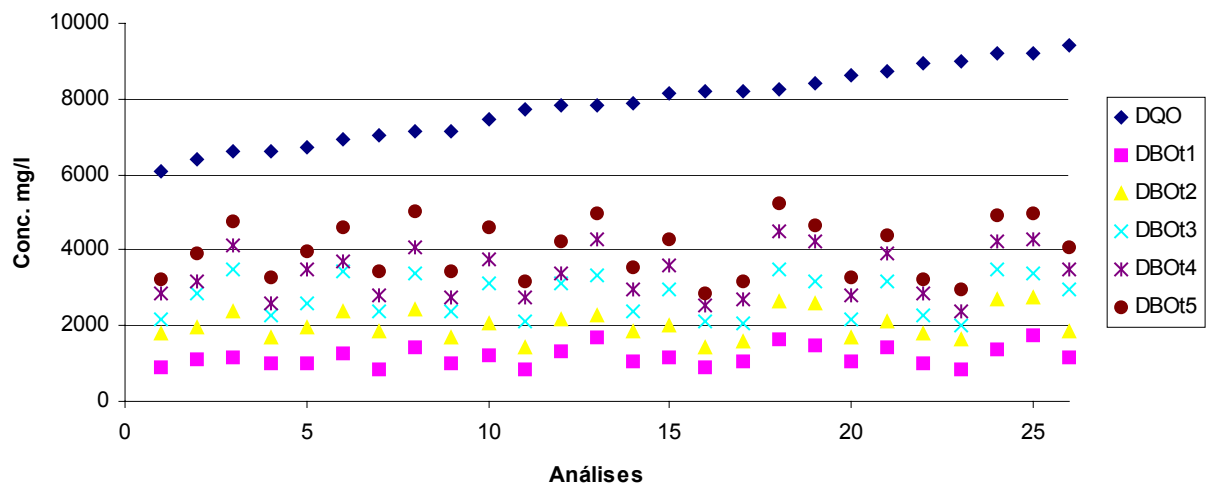




Gráfico 7 - Variação de DQO e DBOti



## 2.2 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) – Método de Thomas

### 2.2.1 Método de Thomas para DBOm

**Tabela 9 – Método de Thomas DBOm**

DBOm1	DBOm2	DBOm3	DBOm4	DBOm5				
(t/y) <sup>1/3</sup>	(t/y) <sup>1/3</sup>	(t/y) <sup>1/3</sup>	(t/y) <sup>1/3</sup>	(t/y) <sup>1/3</sup>	Inclinação	Zero	K	K'
0,08010	0,08817	0,08589	0,08883	0,09170	0,00238	0,07978	0,07801	0,17943
0,07671	0,08171	0,08209	0,08411	0,08683	0,00226	0,07550	0,07824	0,17996
0,07511	0,08577	0,08478	0,08802	0,09051	0,00330	0,07492	0,11512	0,26477
0,08519	0,09510	0,09465	0,09545	0,09964	0,00292	0,08523	0,08955	0,20597
0,07677	0,08723	0,08348	0,08822	0,09072	0,00289	0,07662	0,09840	0,22631
0,07647	0,08237	0,08055	0,08512	0,08754	0,00249	0,07495	0,08665	0,19928
0,07784	0,08656	0,08358	0,08980	0,09199	0,00315	0,07650	0,10753	0,24732
0,08685	0,08983	0,08612	0,09183	0,09479	0,00179	0,08452	0,05519	0,12693
0,09249	0,09249	0,09249	0,09616	0,09964	0,00179	0,08927	0,05247	0,12069
0,08095	0,08437	0,08490	0,08781	0,09266	0,00269	0,07808	0,08984	0,20664
0,08260	0,08720	0,08701	0,09091	0,09455	0,00276	0,08017	0,08993	0,20683
0,08122	0,08881	0,09164	0,09426	0,09693	0,00369	0,07951	0,12104	0,27838
0,08571	0,08742	0,08803	0,09062	0,09354	0,00189	0,08340	0,05902	0,13574
0,07762	0,08572	0,08369	0,08755	0,09172	0,00300	0,07625	0,10278	0,23639
0,08230	0,08402	0,08194	0,08589	0,08866	0,00146	0,08019	0,04745	0,10913
0,09035	0,09159	0,09245	0,09358	0,09733	0,00159	0,08828	0,04714	0,10843
0,08110	0,09147	0,08896	0,09284	0,09583	0,00308	0,08079	0,09960	0,22909
0,08316	0,08476	0,08570	0,08773	0,09191	0,00205	0,08051	0,06634	0,15258
0,08025	0,08180	0,08198	0,08625	0,08870	0,00213	0,07739	0,07197	0,16553
0,08276	0,08904	0,09119	0,09584	0,09779	0,00369	0,08026	0,11989	0,27575
0,07935	0,08177	0,08412	0,08700	0,08981	0,00262	0,07656	0,08917	0,20509
0,07853	0,08612	0,08592	0,08804	0,09088	0,00266	0,07791	0,08917	0,20509
0,08393	0,09370	0,09325	0,09370	0,09817	0,00285	0,08401	0,08845	0,20345
0,07340	0,08442	0,08104	0,08634	0,08845	0,00320	0,07312	0,11430	0,26289
0,08219	0,08480	0,08613	0,08907	0,09195	0,00238	0,07969	0,07791	0,17919
0,08380	0,09570	0,09293	0,09858	0,10099	0,00373	0,08323	0,11682	0,26869

Donde o K' médio da DBOm é igual a 0,199 A 0,020 d<sup>-1</sup>.

Fator F é de 0,014 e C.D. é de 98,6%

## 2.2.2 Método de Thomas para DBOt

**Tabela 10 – Método de Thomas DBOt<sub>i</sub>**

DBOt <sub>1</sub>	DBOt <sub>2</sub>	DBOt <sub>3</sub>	DBOt <sub>4</sub>	DBOt <sub>5</sub>				
(t/y) <sup>1/3</sup>	(t/y) <sup>1/3</sup>	(t/y) <sup>1/3</sup>	(t/y) <sup>1/3</sup>	(t/y) <sup>1/3</sup>	Inclinação	Zero	K	K'
0,08743	0,09196	0,09808	0,09832	0,10226	0,00360	0,08481	0,11085	0,25497
0,09564	0,10287	0,10022	0,10444	0,10699	0,00243	0,09475	0,06686	0,15379
0,10529	0,10653	0,11430	0,11868	0,11917	0,00399	0,10082	0,10333	0,23767
0,09607	0,10094	0,10185	0,10829	0,10873	0,00327	0,09337	0,09134	0,21009
0,08510	0,09083	0,09493	0,09614	0,09849	0,00321	0,08347	0,10033	0,23076
0,08986	0,09040	0,09504	0,09813	0,10053	0,00291	0,08607	0,08812	0,20268
0,09121	0,09734	0,09842	0,10555	0,10555	0,00369	0,08854	0,10878	0,25019
0,09919	0,10611	0,10837	0,11354	0,11354	0,00361	0,09731	0,09692	0,22291
0,10030	0,10098	0,10467	0,10467	0,10805	0,00192	0,09798	0,05109	0,11750
0,08394	0,09562	0,09656	0,09779	0,10018	0,00347	0,08442	0,10714	0,24642
0,09787	0,10265	0,10799	0,11067	0,11203	0,00363	0,09534	0,09949	0,22882
0,10070	0,10562	0,10950	0,11528	0,11528	0,00388	0,09764	0,10372	0,23855
0,09426	0,09891	0,09867	0,10203	0,10287	0,00203	0,09324	0,05695	0,13099
0,10388	0,11161	0,11262	0,11647	0,12023	0,00375	0,10170	0,09634	0,22159
0,09847	0,10552	0,11157	0,11287	0,11517	0,00407	0,09650	0,11020	0,25345
0,09446	0,09446	0,09488	0,09894	0,10175	0,00191	0,09117	0,05461	0,12559
0,09196	0,09426	0,09550	0,10245	0,10288	0,00300	0,08841	0,08863	0,20384
0,09539	0,09991	0,10015	0,10373	0,10543	0,00239	0,09376	0,06650	0,15296
0,10005	0,10350	0,10999	0,11217	0,11579	0,00401	0,09626	0,10883	0,25032
0,08826	0,09336	0,09629	0,09948	0,09989	0,00294	0,08664	0,08855	0,20367
0,08318	0,09014	0,09614	0,09785	0,10023	0,00418	0,08096	0,13482	0,31010
0,09766	0,10820	0,11349	0,11378	0,11656	0,00434	0,09693	0,11679	0,26861
0,10490	0,10224	0,10838	0,11253	0,11300	0,00265	0,10026	0,06896	0,15860
0,08923	0,09821	0,09821	0,10072	0,10436	0,00328	0,08831	0,09687	0,22281
0,10506	0,11165	0,11249	0,11335	0,11612	0,00238	0,10459	0,05942	0,13667
0,10445	0,10381	0,11183	0,11183	0,11544	0,00300	0,10047	0,07792	0,17921

Donde o K' médio da DBOt é igual a 0,208 A 0,020 d<sup>-1</sup>.

Fator F é de 0,033 e C.D. é de 96,7%

## 2.3 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) - Método de Regressão Linear

### 2.3.1 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) DBOm - Método de Regressão Linear

**Tabela 11 – Método de Regressão Linear**

<b>DBOm1</b>	<b>DBOm2</b>	<b>DBOm3</b>	<b>DBOm4</b>	<b>DBOm5</b>	<b>Coefficiente</b>
<b>Ln m1</b>	<b>Ln m2</b>	<b>Ln m3</b>	<b>Ln m4</b>	<b>Ln m5</b>	<b>Km</b>
7,43782	7,73262	8,22628	8,33682	8,48764	0,27038
7,38858	7,75149	8,17134	8,43371	8,52802	0,29611
7,21220	7,86452	8,24182	8,49313	8,59849	0,34012
7,53196	7,95684	8,26828	8,47150	8,61077	0,26723
7,14184	7,83499	8,24045	8,41160	8,52813	0,33492
7,53621	7,86835	8,35719	8,51704	8,64488	0,28660
7,43324	7,79615	8,21600	8,48929	8,57268	0,29720
7,47544	7,94923	8,28300	8,42158	8,58410	0,26897
7,33060	7,92265	8,45453	8,54984	8,67767	0,33213
7,37044	8,00417	8,38901	8,58969	8,71752	0,32797
7,49602	8,09564	8,45428	8,64116	8,76899	0,30914
7,65911	8,03381	8,54463	8,61695	8,76778	0,28005
7,54179	8,11088	8,49730	8,68389	8,74576	0,29809
7,48119	8,01182	8,42380	8,57980	8,68516	0,29759
7,46096	8,09695	8,46919	8,68691	8,77030	0,32086
7,66775	8,06306	8,54069	8,69303	8,77641	0,28473
7,63291	8,04907	8,46160	8,67626	8,80409	0,29696
7,70064	8,01080	8,54794	8,67004	8,80931	0,28766
7,57327	7,97873	8,46253	8,64940	8,77724	0,30786
7,49200	8,12327	8,60385	8,75046	8,87829	0,33998
7,83562	8,10891	8,63698	8,73462	8,88544	0,27254
7,56771	8,20370	8,60261	8,73779	8,87705	0,31527
7,76648	8,06127	8,50159	8,67704	8,81630	0,27154
7,71259	8,18259	8,65520	8,77730	8,91656	0,30027
7,60184	8,20483	8,52500	8,71188	8,83971	0,29828
7,70306	8,20696	8,59844	8,81310	8,94093	0,30819

Donde o K' médio da DBOm é igual a 0,300 A 0,009 d<sup>-1</sup>.

Fator F é de 0,049 e C.D. é de 95,1%

### 2.3.2 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) DBOt - Método de Regressão Linear

**Tabela 12 – Método de Regressão Linear - DBOti**

<b>DBOt1</b>	<b>DBOt2</b>	<b>DBOt3</b>	<b>DBOt4</b>	<b>DBOt5</b>	<b>Coeficiente</b>
<b>Ln t1</b>	<b>Ln t2</b>	<b>Ln t3</b>	<b>Ln t4</b>	<b>Ln t5</b>	<b>Kt</b>
6,77723	7,48873	7,67105	7,95873	8,08656	0,30887
7,02810	7,57283	7,95126	8,05525	8,26597	0,29582
7,07888	7,77203	8,16407	8,32591	8,46518	0,33265
6,88675	7,43679	7,73405	7,86758	8,09072	0,28387
6,89874	7,57168	7,86952	8,15720	8,28503	0,33581
7,15909	7,77813	8,14437	8,22133	8,43205	0,29891
6,76432	7,53443	7,76495	7,93989	8,15061	0,31781
7,28250	7,80702	8,11989	8,30965	8,52037	0,29784
6,93225	7,42287	7,76516	7,91308	8,13622	0,28982
7,08523	7,63379	8,04664	8,23385	8,43230	0,32942
6,75958	7,27040	7,65339	7,91809	8,06891	0,32664
7,18392	7,68176	8,05400	8,13196	8,35511	0,27926
7,43305	7,73533	8,11138	8,36104	8,51186	0,27833
6,97232	7,52237	7,77582	7,98997	8,17630	0,28755
7,04922	7,60353	8,00187	8,18420	8,35855	0,31993
6,79342	7,27145	7,64989	7,83677	7,96460	0,29077
6,97871	7,36437	7,62673	7,90669	8,05752	0,26999
7,39170	7,88954	8,16241	8,41206	8,56289	0,28649
7,31073	7,85233	8,06450	8,34480	8,45016	0,27713
6,95406	7,43957	7,67798	7,93098	8,09350	0,27703
7,24963	7,65509	8,06056	8,27253	8,38906	0,28963
6,90623	7,49759	7,72073	7,94958	8,07741	0,27944
6,75318	7,41123	7,60539	7,78033	7,99105	0,28448
7,22846	7,90359	8,15894	8,35061	8,50143	0,29929
7,46040	7,91239	8,12456	8,35940	8,51022	0,25467
7,04147	7,51593	7,99973	8,16362	8,31444	0,31936

Donde o K' médio da DBOt é igual a 0,297 A 0,009 d<sup>-1</sup>

Fator F é de 0,040 e C.D. é de 96,0%

## 2.4 Cálculo do Coeficiente Cinético ajustado ( km\*) – Método de Regressão Linear

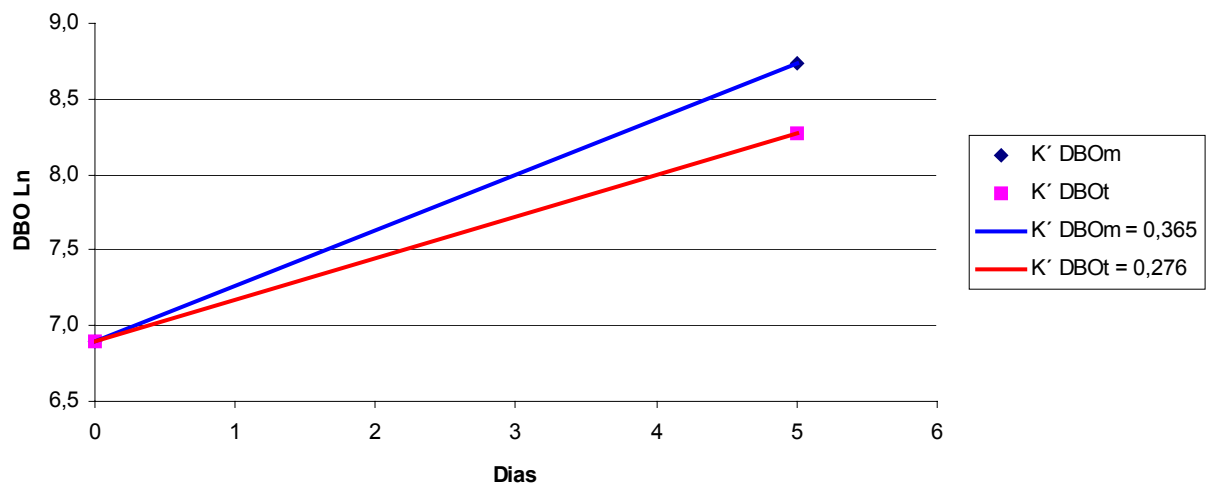
**Tabela 13 – Coeficiente Cinético Ajustado**

DBOt0	DBOm5	DBOt0	DBOt5	Inclinação	Inclinação
Ln t 0	Ln m5	Ln t 0	Ln t5	Km	Kt
7,1731	8,7772	7,1731	8,4502	0,3208	0,2554
6,8490	8,9409	6,8490	8,3144	0,4184	0,2931
6,6548	8,8163	6,6548	7,9911	0,4323	0,2673
6,8872	8,5280	6,8872	8,2660	0,3282	0,2757
7,2243	8,8093	7,2243	8,5629	0,3170	0,2677
7,1307	8,9166	7,1307	8,5014	0,3572	0,2741
7,0436	8,7678	7,0436	8,3551	0,3448	0,2623
6,7645	8,6777	6,7645	8,1362	0,3826	0,2744
6,7490	8,5281	6,7490	8,2850	0,3558	0,3072
7,1955	8,7458	7,1955	8,5119	0,3100	0,2633
6,8247	8,6852	6,8247	8,1763	0,3721	0,2703
6,7516	8,6108	6,7516	8,0907	0,3718	0,2678
6,8981	8,7175	6,8981	8,4323	0,3639	0,3068
6,6309	8,7764	6,6309	7,9646	0,4291	0,2667
6,7881	8,8783	6,7881	8,0935	0,4180	0,2611
6,9633	8,5985	6,9633	8,4652	0,3270	0,3004
7,0503	8,6449	7,0503	8,4321	0,3189	0,2764
6,8797	8,7703	6,8797	8,3585	0,3781	0,2958
6,7920	8,8770	6,7920	8,0774	0,4170	0,2571
7,1144	8,5841	7,1144	8,5204	0,2939	0,2812
7,3094	8,8397	7,3094	8,5102	0,3061	0,2402
6,7768	8,8041	6,7768	8,0575	0,4055	0,2561
6,6774	8,5727	6,6774	8,1506	0,3791	0,2946
7,0565	8,8854	7,0565	8,3891	0,3658	0,2665
6,5542	8,7690	6,5542	8,0689	0,4430	0,3029
6,6699	8,4876	6,6699	8,0866	0,3636	0,2833

**K' médio para DBOm ajustado é de 0,365 A 0,017 d<sup>-1</sup>**

**K' médio para DBOt é de 0,276 A 0,007**

Gráfico 8 - Coeficientes cinéticos ( K' ) ajustados entre DBOm e DBOt



## 2.5 Fatores de Correlação entre DQO, DBOm e DBOt

**Tabela 14 – Fatores de Correlação**

<b>DQO</b>	<b>DBOm5</b>	<b>DBOt5</b>	<b>DQO/DBOm</b>	<b>DQO/DBOt</b>	<b>DBOm/DBOt</b>
8422	6485	4676	1,30	1,80	1,39
9430	7638	4082	1,23	2,31	1,87
8991	6743	2954	1,33	3,04	2,28
6398	5054	3889	1,27	1,65	1,30
8267	6696	5234	1,23	1,58	1,28
9203	7454	4922	1,23	1,87	1,51
7834	6424	4252	1,22	1,84	1,51
7159	5870	3416	1,22	2,10	1,72
6740	5055	3964	1,33	1,70	1,28
7855	6284	4973	1,25	1,58	1,26
7886	5915	3556	1,33	2,22	1,66
6615	5490	3264	1,20	2,03	1,68
7450	6109	4593	1,22	1,62	1,33
8202	6480	2877	1,27	2,85	2,25
8644	7175	3273	1,20	2,64	2,19
6614	5423	4747	1,22	1,39	1,14
6928	5681	4592	1,22	1,51	1,24
8152	6440	4267	1,27	1,91	1,51
8957	7166	3221	1,25	2,78	2,22
7128	5346	5016	1,33	1,42	1,07
9204	6903	4965	1,33	1,85	1,39
8224	6661	3157	1,23	2,60	2,11
7047	5285	3466	1,33	2,03	1,53
8706	7226	4399	1,20	1,98	1,64
7749	6432	3194	1,20	2,43	2,01
6068	4854	3251	1,25	1,87	1,49

**Fator DQO/DBOm = 1,26 A 0,02**

**Fator DQO/DBOt = 2,02 A 0,19**

**Fator DBOm/DBOt = 1,61 A 0,15**



### 3 Efluente Industrial oxigênio dissolvido entre 4 e 5 mg/l.

#### 3.1 Resultados Gerais

**Tabela 15 – Resultados de DQO, DBO<sub>m</sub>i e DBO<sub>t</sub>i.**

<b>DQO</b>	<b>DBOm1</b>	<b>DBOm2</b>	<b>DBOm3</b>	<b>DBOm4</b>	<b>DBOm5</b>	<b>DBOt1</b>	<b>DBOt2</b>	<b>DBOt3</b>	<b>DBOt4</b>	<b>DBOt5</b>
3640	1275	1560	2380	2740	3270	556	1241	1541	1883	2140
3760	1276	1670	2490	2980	3190	624	1082	1602	1851	2080
4520	1383	1790	2720	3010	3640	855	1373	1943	2202	2590
4650	1412	1600	2390	2830	3530	780	1345	1829	2475	2690
4760	1402	1790	2600	2870	3420	856	1505	2154	2567	2950
4910	1738	1940	3110	3550	4240	888	1687	2279	2546	2960
5300	1802	1820	3175	3290	4290	1007	1708	2135	2776	3050
5420	1524	1980	3100	3610	4120	1085	1798	2139	2821	3100
5600	1759	2070	2900	3490	4510	933	1865	2686	3432	3730
5840	1681	2060	2840	3120	4100	895	1969	2470	3043	3580
6140	1880	2300	3840	4220	5080	705	1331	1958	2219	2610
6250	2020	2590	3460	4090	5180	1197	1984	2565	2907	3420
6350	2293	2540	4260	4750	5460	1004	2123	2625	3474	3860
6570	1835	2530	3700	4150	4960	936	2016	2772	3276	3600
6580	1769	2650	3520	3940	4780	1174	2019	2532	3266	3670
6620	1919	2710	3780	4260	5330	1189	2337	2993	3649	4100
6810	2090	2440	3830	4270	5360	1334	2172	2591	3353	3810
7030	1904	2330	3650	3970	5290	1275	2338	3103	3740	4250
7200	1817	2140	3440	4080	4660	1215	1999	3018	3371	3920
7280	2373	2400	4200	4570	5650	1169	2111	2865	3318	3770
7390	2029	2110	3170	3510	4830	1110	2137	2795	3699	4110
7600	2128	2780	4152	4300	5190	1377	2341	3443	4131	4590
7620	2066	2420	3380	3660	4920	1114	2035	2726	3302	3840
7740	1792	2820	3500	4100	5120	1482	2593	3519	3982	4630
7950	1987	2460	3900	4180	5370	1092	1950	2964	3471	3900

Gráfico 9 - Resultados Gerais de DQO, DBOm e DBOt

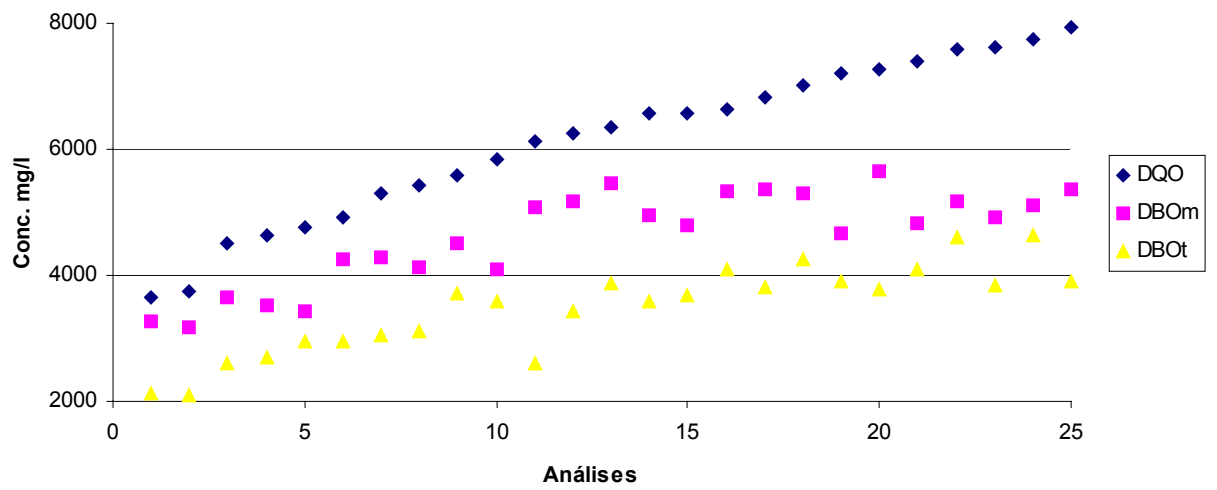


Gráfico 10 - Variação de DQO e DBOm

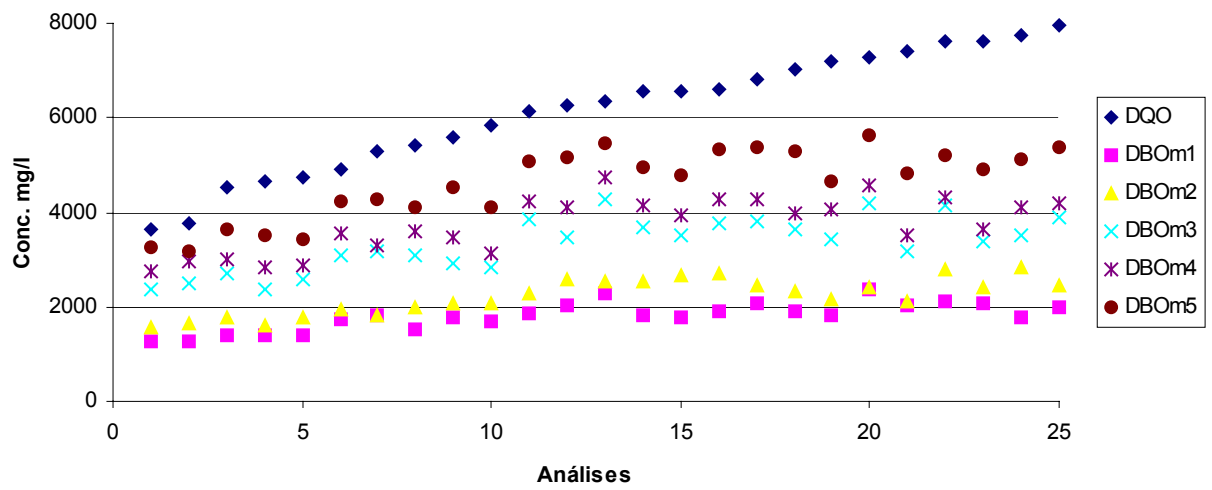
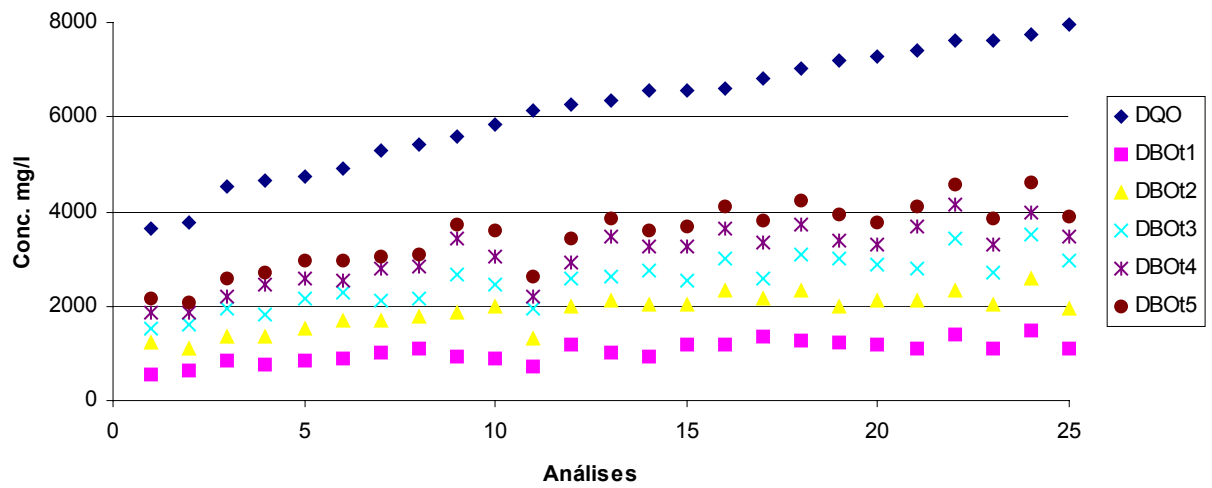


Gráfico 11 - Variação de DQO e DBOt



### 3.2 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) – Método de Thomas

#### 3.2.1 Método de Thomas para DBOm

**Tabela 16 – Método de Thomas DBOm**

DBOm1	DBOm2	DBOm3	DBOm4	DBOm5				
(t/y) <sup>1/3</sup>	(t/y) <sup>1/3</sup>	(t/y) <sup>1/3</sup>	(t/y) <sup>1/3</sup>	(t/y) <sup>1/3</sup>	inclinação	zero	K	K'
0,09222	0,09234	0,08897	0,09443	0,09711	0,00119	0,08945	0,03462	0,07963
0,09220	0,10034	0,09891	0,10348	0,10667	0,00321	0,09069	0,09232	0,21234
0,08976	0,09545	0,09210	0,09823	0,09947	0,00222	0,08834	0,06564	0,15098
0,08914	0,10620	0,10641	0,11031	0,11616	0,00582	0,08819	0,17213	0,39590
0,08935	0,10863	0,10802	0,11344	0,11521	0,00565	0,08997	0,16396	0,37711
0,08317	0,10102	0,09881	0,10406	0,10565	0,00480	0,08414	0,14886	0,34237
0,08218	0,09037	0,09259	0,09792	0,09789	0,00390	0,08049	0,12641	0,29073
0,08690	0,08918	0,09499	0,09918	0,09921	0,00346	0,08350	0,10825	0,24898
0,08284	0,09105	0,09481	0,10051	0,10151	0,00468	0,08010	0,15249	0,35072
0,08410	0,09777	0,09554	0,09934	0,10238	0,00381	0,08439	0,11789	0,27114
0,08102	0,10772	0,10787	0,11223	0,11230	0,00671	0,08411	0,20811	0,47865
0,07911	0,09410	0,08939	0,09566	0,09601	0,00354	0,08025	0,11499	0,26447
0,07583	0,10319	0,09813	0,10673	0,10524	0,00623	0,07912	0,20565	0,47300
0,08168	0,08960	0,08973	0,09762	0,09876	0,00422	0,07883	0,13966	0,32123
0,08268	0,09384	0,09610	0,10301	0,10054	0,00449	0,08177	0,14322	0,32940
0,08047	0,10377	0,10489	0,11170	0,11350	0,00740	0,08067	0,23937	0,55055
0,07821	0,09902	0,10184	0,10863	0,10684	0,00669	0,07885	0,22133	0,50905
0,08068	0,09823	0,09818	0,10445	0,10116	0,00472	0,08239	0,14945	0,34374
0,08195	0,09504	0,09367	0,10025	0,09814	0,00376	0,08253	0,11888	0,27342
0,07497	0,09174	0,09536	0,09926	0,09883	0,00552	0,07546	0,19102	0,43933
0,07899	0,09359	0,09218	0,09785	0,09771	0,00417	0,07955	0,13680	0,31465
0,07775	0,10377	0,10332	0,10994	0,11116	0,00730	0,07928	0,24034	0,55277

Donde o K' médio da DBOm é igual a 0,344 A 0,050 d<sup>-1</sup>.

Fator F é de 0,059 e C.D. é de 94,1%

### 3.2.2 Método de Thomas para DBOt

**Tabela 17 – Método de Thomas DBOt<sub>i</sub>**

<b>DBOt1</b>	<b>DBOt2</b>	<b>DBOt3</b>	<b>DBOt4</b>	<b>DBOt5</b>				
<b>(t/y)<sup>1/3</sup></b>	<b>(t/y)<sup>1/3</sup></b>	<b>(t/y)<sup>1/3</sup></b>	<b>(t/y)<sup>1/3</sup></b>	<b>(t/y)<sup>1/3</sup></b>	<b>Inclinação</b>	<b>Zero</b>	<b>K</b>	<b>K'</b>
0,09988	0,09803	0,10455	0,10481	0,10901	0,00250	0,09575	0,06825	0,15698
0,09732	0,10361	0,11194	0,11234	0,11727	0,00486	0,09390	0,13521	0,31098
0,11237	0,11454	0,11529	0,12171	0,12420	0,00308	0,10838	0,07423	0,17073
0,11702	0,12274	0,12327	0,12928	0,13396	0,00404	0,11313	0,09323	0,21443
0,12158	0,11724	0,12487	0,12854	0,13269	0,00335	0,11493	0,07615	0,17515
0,10404	0,10583	0,10959	0,11626	0,11909	0,00405	0,09880	0,10708	0,24629
0,09439	0,09494	0,10008	0,10311	0,10684	0,00331	0,08995	0,09592	0,22061
0,08772	0,09171	0,09482	0,10015	0,10260	0,00382	0,08394	0,11877	0,27316
0,09478	0,09969	0,10581	0,10699	0,11086	0,00394	0,09179	0,11216	0,25796
0,09371	0,10001	0,09980	0,10587	0,10845	0,00353	0,09097	0,10138	0,23317
0,10863	0,11414	0,11793	0,11736	0,12295	0,00319	0,10664	0,07798	0,17936
0,09494	0,09821	0,10154	0,10643	0,10987	0,00381	0,09077	0,10951	0,25188
0,09978	0,10540	0,11201	0,11296	0,11791	0,00438	0,09647	0,11852	0,27261
0,08989	0,09489	0,09552	0,09893	0,10289	0,00301	0,08741	0,08976	0,20644
0,09648	0,09942	0,10324	0,10660	0,10920	0,00326	0,09320	0,09134	0,21009
0,10534	0,10995	0,11168	0,11594	0,11923	0,00338	0,10230	0,08615	0,19814
0,10377	0,10052	0,10669	0,10954	0,11178	0,00250	0,09895	0,06607	0,15195
0,09659	0,09781	0,10239	0,10264	0,10675	0,00252	0,09369	0,07007	0,16117
0,09222	0,09493	0,09889	0,10227	0,10557	0,00340	0,08857	0,10026	0,23060
0,09418	0,10027	0,10536	0,11123	0,11350	0,00496	0,09003	0,14372	0,33057
0,09085	0,09729	0,10501	0,10606	0,10948	0,00460	0,08793	0,13663	0,31425
0,10537	0,11337	0,11559	0,12202	0,12452	0,00469	0,10209	0,12001	0,27603
0,09711	0,10085	0,10040	0,10484	0,10863	0,00270	0,09425	0,07489	0,17226
0,10223	0,09973	0,10267	0,10688	0,11157	0,00258	0,09687	0,06961	0,16009
0,10236	0,10236	0,10376	0,10524	0,11026	0,00187	0,09919	0,04919	0,11313

Donde o  $K'$  médio da DBOt é igual a  $0,2196 \pm 0,023 \text{ d}^{-1}$ .

Fator F é de 0,027 e C.D. é de 97,3%

### 3.3 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) - Método de Regressão Linear

#### 3.3.1 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) DBOm - Método de Regressão Linear

**Tabela 18 – Método de Regressão Linear**

<b>DBOm1</b>	<b>DBOm2</b>	<b>DBOm3</b>	<b>DBOm4</b>	<b>DBOm5</b>	<b>Coefficiente</b>
<b>Ln m1</b>	<b>Ln m2</b>	<b>Ln m3</b>	<b>Ln m4</b>	<b>Ln m5</b>	<b>Km</b>
7,15070	7,35244	7,77486	7,91571	8,09255	0,24470
7,15149	7,42058	7,82004	7,99968	8,06778	0,24117
7,23201	7,48997	7,90839	8,00970	8,19974	0,24552
7,25276	7,37776	7,77905	7,94803	8,16905	0,24029
7,24566	7,48997	7,86327	7,96207	8,13740	0,22556
7,46049	7,57044	8,04238	8,17470	8,35232	0,23879
7,49665	7,50659	8,06306	8,09864	8,36404	0,23268
7,32909	7,59085	8,03916	8,19146	8,32361	0,25896
7,47250	7,63530	7,97247	8,15766	8,41405	0,24055
7,42714	7,63046	7,95156	8,04559	8,31874	0,21983
7,53903	7,74066	8,25323	8,34759	8,53307	0,25950
7,61085	7,85941	8,14902	8,31630	8,55256	0,23403
7,73762	7,83992	8,35702	8,46590	8,60520	0,23612
7,51480	7,83597	8,21609	8,33086	8,50916	0,24836
7,47817	7,88231	8,16622	8,27894	8,47220	0,23847
7,55956	7,90470	8,23748	8,35702	8,58111	0,24954
7,64492	7,79975	8,25062	8,35937	8,58672	0,24432
7,55171	7,75362	8,20248	8,28652	8,57357	0,25766
7,50494	7,66856	8,14323	8,31385	8,44677	0,25289
7,77191	7,78322	8,34284	8,42727	8,63941	0,23790
7,61530	7,65444	8,06149	8,16337	8,48260	0,22435
7,66294	7,93021	8,33135	8,36637	8,55449	0,22193
7,63337	7,79152	8,12563	8,20522	8,50106	0,21491
7,49109	7,94449	8,16052	8,31874	8,54091	0,24739
7,59438	7,80792	8,26873	8,33807	8,58858	0,25186

Donde o K' médio da DBOm é igual a  $0,240 \pm 0,005 \text{ d}^{-1}$ .

Fator F é de 0,009 e C.D. é de 99,1%

### 3.3.2 Cálculo do Coeficiente Cinético ( K' ) DBOt - Método de Regressão Linear

**Tabela 19 – Método de Regressão Linear - DBOti**

<b>DBOt1</b>	<b>DBOt2</b>	<b>DBOt3</b>	<b>DBOt4</b>	<b>DBOt5</b>	<b>Coeficiente</b>
<b>Ln t1</b>	<b>Ln t2</b>	<b>Ln t3</b>	<b>Ln t4</b>	<b>Ln t5</b>	<b>Kt</b>
6,32077	7,12367	7,34019	7,54062	7,66856	0,31125
6,43615	6,98657	7,37901	7,52348	7,64012	0,29449
6,75110	7,22475	7,57199	7,69712	7,85941	0,26890
6,65929	7,20415	7,51152	7,81400	7,89730	0,30859
6,75227	7,31655	7,67508	7,85049	7,98956	0,30085
6,78897	7,43071	7,73149	7,84228	7,99294	0,28195
6,91473	7,44308	7,66622	7,92877	8,02290	0,27020
6,98934	7,49443	7,66809	7,94485	8,03916	0,25501
6,83841	7,53102	7,89581	8,14090	8,22416	0,33814
6,79682	7,58528	7,81197	8,02060	8,18312	0,32079
6,55820	7,19369	7,57968	7,70481	7,86711	0,31289
7,08757	7,59287	7,84971	7,97488	8,13740	0,24817
6,91175	7,66059	7,87284	8,15306	8,25842	0,31858
6,84162	7,60887	7,92732	8,09438	8,18869	0,31797
7,06817	7,61036	7,83676	8,09132	8,20795	0,27605
7,08087	7,75662	8,00403	8,20221	8,31874	0,29213
7,19594	7,68340	7,85980	8,11761	8,24538	0,25331
7,15070	7,75705	8,04012	8,22684	8,35467	0,28777
7,10250	7,60040	8,01235	8,12296	8,27385	0,28653
7,06390	7,65492	7,96032	8,10712	8,23483	0,27941
7,01212	7,66716	7,93559	8,21582	8,32118	0,31668
7,22766	7,75833	8,14410	8,32627	8,43164	0,29759
7,01571	7,61825	7,91059	8,10228	8,25323	0,29591
7,30115	7,86057	8,16593	8,28954	8,44031	0,27073
6,99577	7,57558	7,99429	8,15220	8,26873	0,31225

Donde o K' médio da DBOt é igual a 0,293 A 0,010 d<sup>-1</sup>

Fator F é de 0,058 e C.D. é de 94,2%

### 3.4 Cálculo do Coeficiente Cinético ajustado ( km\*) – Método de Regressão Linear

**Tabela 20 – Coeficiente Cinético Ajustado**

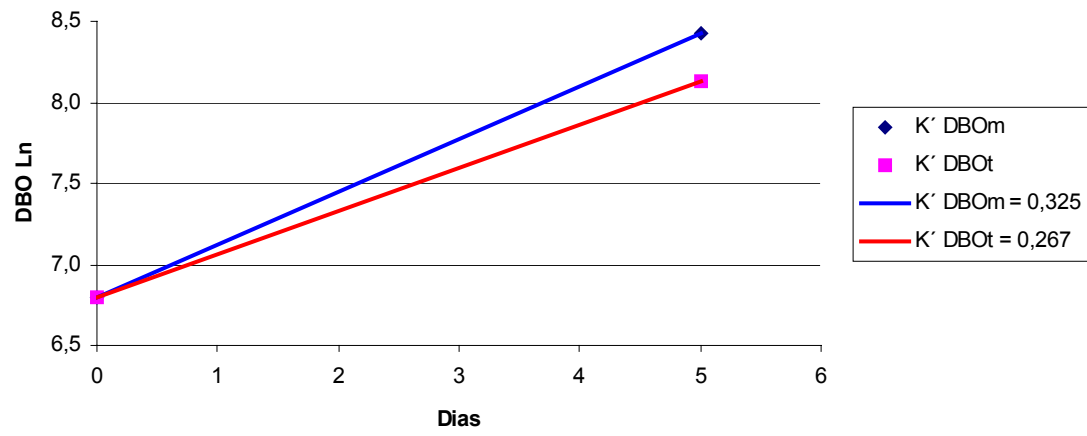
<b>DBOt0</b>	<b>DBOm5</b>	<b>DBOt0</b>	<b>DBOt5</b>	<b>Inclinação</b>	<b>Inclinação</b>
<b>Ln t 0</b>	<b>Ln m5</b>	<b>Ln t 0</b>	<b>Ln t5</b>	<b>Km</b>	<b>Kt</b>
6,81525	8,60520	6,81525	8,25842	0,35799	0,28863
6,86215	8,32361	6,86215	8,03916	0,29229	0,23540
6,44168	8,53307	6,44168	7,86711	0,41828	0,28508
6,30936	8,06778	6,30936	7,64012	0,35168	0,26615
6,26562	8,09255	6,26562	7,66856	0,36538	0,28059
6,71152	8,35232	6,71152	7,99294	0,32816	0,25629
6,99609	8,58111	6,99609	8,31874	0,31700	0,26453
7,19905	8,54091	7,19905	8,44031	0,26837	0,24825
6,93492	8,47220	6,93492	8,20795	0,30745	0,25461
6,96304	8,44677	6,96304	8,27385	0,29675	0,26216
6,49163	8,16905	6,49163	7,89730	0,33548	0,28113
6,96587	8,63941	6,96587	8,23483	0,33471	0,25379
6,78415	8,36404	6,78415	8,02290	0,31598	0,24775
7,08478	8,55449	7,08478	8,43164	0,29394	0,26937
6,89207	8,50106	6,89207	8,25323	0,32180	0,27223
6,61357	8,13740	6,61357	7,98956	0,30476	0,27520
6,71720	8,31874	6,71720	8,18312	0,32031	0,29318
6,88015	8,48260	6,88015	8,32118	0,32049	0,28821
7,04242	8,57357	7,04242	8,35467	0,30623	0,26245
6,98389	8,55256	6,98389	8,13740	0,31373	0,23070
7,06012	8,58672	7,06012	8,24538	0,30532	0,23705
6,61376	8,19974	6,61376	7,85941	0,31720	0,24913
6,86055	8,58858	6,86055	8,26873	0,34561	0,28164
6,77828	8,50916	6,77828	8,18869	0,34618	0,28208
6,71119	8,41405	6,71119	8,22416	0,34057	0,30259

**K' médio para DBOm ajustado é de  $0,325 \pm 0,012 \text{ d}^{-1}$**

**K' médio para DBOt é de  $0,267 \pm 0,008$**



Gráfico 12 - Coeficientes Cinéticos ( K' ) ajustados entre DBOm e DBOt



### 3.5 Fatores de Correlação entre DQO, DBOm e DBOt

**Tabela 21 – Fatores de Correlação**

DQO	DBOm	DBOt	DQO/DBOm	DQO/DBOt	DBOm/DBOt
3640	3270	2140	1,11	1,70	1,53
3760	3190	2080	1,18	1,81	1,53
4520	3640	2590	1,24	1,75	1,41
4650	3530	2690	1,32	1,73	1,31
4760	3420	2950	1,39	1,61	1,16
4910	4240	2960	1,16	1,66	1,43
5300	4290	3050	1,24	1,74	1,41
5420	4120	3100	1,32	1,75	1,33
5600	4510	3730	1,24	1,50	1,21
5840	4100	3580	1,42	1,63	1,15
6140	5080	2610	1,21	2,35	1,95
6250	5180	3420	1,21	1,83	1,51
6350	5460	3860	1,16	1,65	1,41
6570	4960	3600	1,32	1,83	1,38
6580	4780	3670	1,38	1,79	1,30
6620	5330	4100	1,24	1,61	1,30
6810	5360	3810	1,27	1,79	1,41
7030	5290	4250	1,33	1,65	1,24
7200	4660	3920	1,55	1,84	1,19
7280	5650	3770	1,29	1,93	1,50
7390	4830	4110	1,53	1,80	1,18
7600	5190	4590	1,46	1,66	1,13
7620	4920	3840	1,55	1,98	1,28
7740	5120	4630	1,51	1,67	1,11
7950	5370	3900	1,48	2,04	1,38

**Fator DQO/DBOm =  $1,32 \pm 0,062$**

**Fator DQO/DBOt =  $1,77 \pm 0,108$**

**Fator DBOm/DBOt =  $1,35 \pm 0,090$**