

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Biorremediação dos compostos monoaromáticos BTEX

Junho 2020

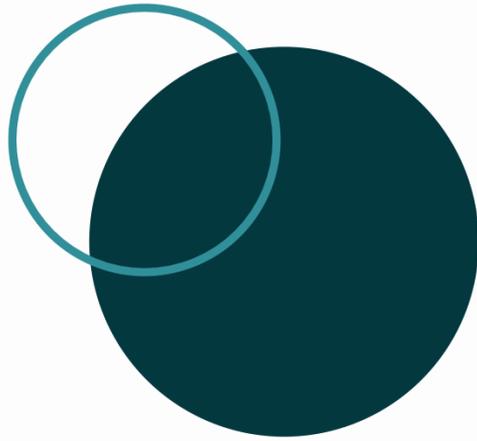


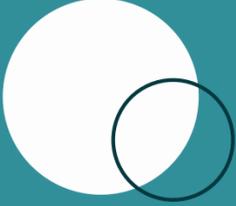
TÓPICOS PRINCIPAIS

O conceito de biorremediação

Apresentação dos BTEX

Estudo de caso

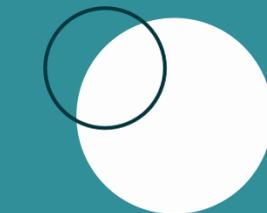




**Biorremediação é uma
tecnologia da qual se utilizam
agentes biológicos para
remover
poluentes tóxicos do ambiente
terrestre e aquático**

(PELCZAR, JR, ET AL., 1997, P.415)

“



A Biorremediação



VANTAGENS

Apresenta baixo consumo de energia e causa poucas mudanças nas características do ambiente.



MÉTODO

Trata-se da aceleração do processo de biodegradação.



IN SITU E EX SITU

In Situ: Trata o material contaminado no próprio local.
Ex Situ: Tratamento em local externo ao de sua origem.

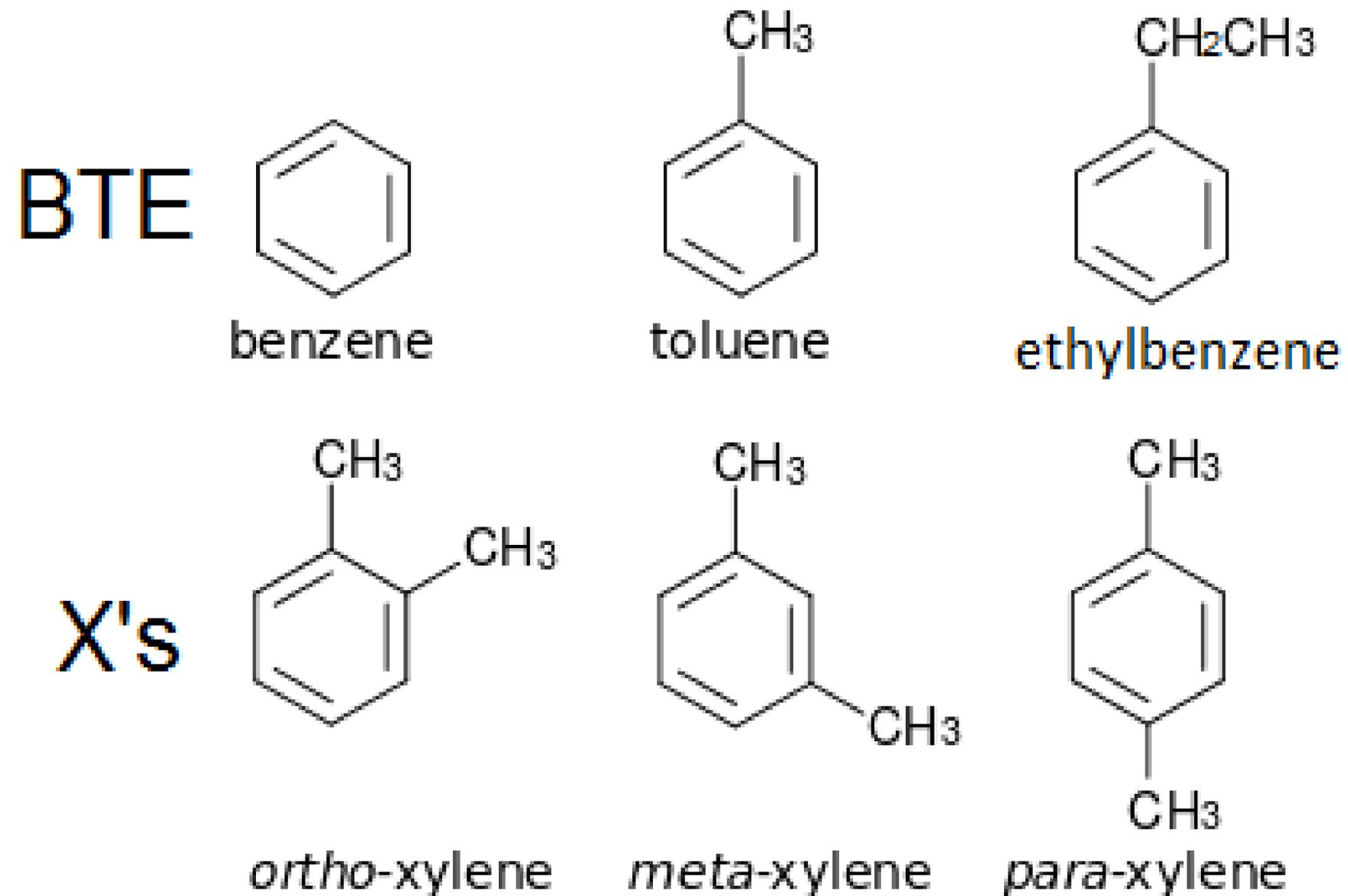


RESULTADOS

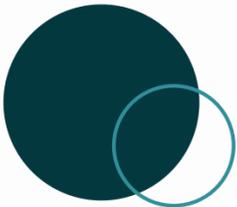
Os produtos finais apresentam baixa toxicidade, podendo retornar ao ambiente.

BTEX

FIGURA 1: AS ESTRUTURAS DOS BTEX



FONTE: GCESYSTEMS



BENZENO

(C₆H₆)

Composto volátil, incolor, com densidade de 0,87 g/cm³ e **inflamável**, com ponto de ebulição de 80,1°C.

Entre suas fontes, estão emissões gasosas de vulcões, **atividades industriais** e incêndios florestais.

É utilizado na **manufatura de alguns produtos químicos**.

A exposição crônica pode causar **danos ao sistema imunológico**, e exposições de curto prazo, podem causar a **perda da consciência**.



TOLUENO (C7H8)

Líquido volátil, incolor e **inflamável**, com densidade 0,86 g/cm³ e ponto de ebulição 111°C.

Dentre as suas principais fontes de emissões estão os **combustíveis fósseis**.

A exposição ao tolueno **pode afetar o sistema nervoso central de humanos** e animais.

Exposição crônica ao tolueno também pode causar **irritação nos olhos e no trato respiratório superior**.



ETILBENZENO (C₈H₁₀)

Líquido incolor, volátil, com densidade de 0,867 g/cm³ e ponto de ebulição 136°C, com **odor semelhante ao da gasolina.**

Dentre suas fontes de emissões estão o **petróleo** e alguns produtos manufaturados.

Também é utilizado na fabricação de acetato de celulose e **borracha sintética.**

Estudos conduzidos em animais reportaram **efeitos no sangue, fígado e rins por exposição crônica.**



ORTO, META E PARA XILENO (C₈H₁₀)

Conjunto de **três isômeros**.

O isômero predominantemente encontrado no xileno comercial é o **meta-xileno**.

É um líquido incolor, inflamável, **praticamente insolúvel em água** e com odor adocicado.

Utilizados em **fragrâncias sintéticas** e na fabricação de tintas, vernizes e borracha.

A inalação por exposição aguda a misturas de xilenos resulta em irritação dos olhos, nariz e garganta, **efeitos gastrointestinais** e neurológicos.



BIORREMEDIACÃO DOS BTEX

PONTOS IMPORTANTES



TÉCNICAS ASSOCIADAS AO PROCESSO DE BIODEGRADAÇÃO DOS COMPOSTOS BTEX EM SOLOS E ÁGUA

- ATENUAÇÃO NATURAL MONITORADA
- BIOVENTILAÇÃO
- LANDFARMING
- FITORREMEDIÇÃO

TÉCNICAS AUXILIARES, COMO:

- BIOAUMENTO
- BIO ESTÍMULO

TABELA 1: ORGANISMOS CONHECIDOS QUE METABOLIZAM BTEX E A VIA METABÓLICA UTILIZADA.

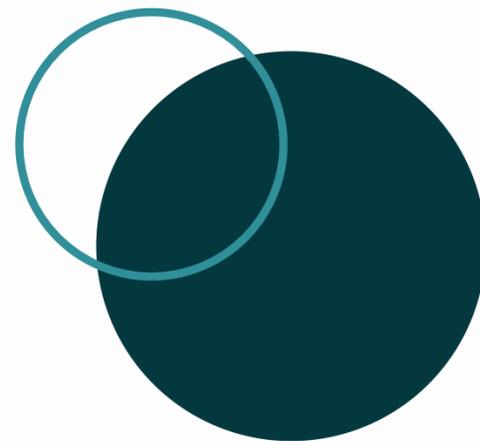
Organismo	Localização/ tamanho/gene	Biodegradação (tipo de clivagem do anel aromático)	Referência
<i>Pseudomonas pickettii</i> PKO1	Cromossomo (26,5kb, 10 genes)	Tolueno, Benzeno, Fenol e Cresol (meta clivagem)	Kukor & Olsen, 1991
<i>Rhodococcus</i> sp. DK17	Plasmídeo (pDKI- 380kb e pDK2-330kb)	Xilenos, Etil-benzeno, Benzeno, Tolueno, Fenol (meta clivagem)	Kim et al., 2002
<i>Burkholderia</i> sp. JS150	Genoma (14,3kb, 12 genes)	Tolueno, benzeno e cloro benzeno (meta clivagem)	Kahng et al., 2001
<i>Pseudomonas putida</i> MT-2	Transposon <i>Tn4651</i> (56kb)	Tolueno e xilenos (meta clivagem)	Sentchilo et al., 2000

APRESENTAÇÃO DE PESQUISAS

AVANZI, Ingrid Regina. **"Áreas afetadas por BTEX na região de Cubatão: isolamento de micro-organismos com potencial para biorremediação e impactos socioambientais causados por estes compostos."** Dissertação (Mestrado) USP, 2012.

OLIVEIRA, Luciana de. **"Avaliação de capacidade de biodegradação de benzeno, tolueno, etilbenzeno e isômeros de xileno por bactérias isoladas de área contaminada."** Tese (Doutorado) USP, 2017.

CÂMARA, Jéssica Maria Damião de Arruda. **"Análise da biorremediação de compostos monoaromáticos em água através da pseudomonas aeruginosa."** Dissertação (Mestrado) UFRN, 2016.



AVANZI, Ingrid Regina. (2012)

- A pesquisa é realizada visando a biorremediação dos BTEX em uma região de Cubatão - SP
- O local contaminado possui histórico de derramamento de combustível automotivo de um tanque de armazenamento.
- O local do tanque foi drenado após o derramamento ocorrido em 2008 e desde então monitorado.
- Não houve desenvolvimento de um tratamento de remediação no local além da drenagem imediata.

GRÁFICO 1: BIODEGRADAÇÃO DO BTE (50 PPM). INCUBAÇÃO FOI FEITA EM 10 DIAS, AGITAÇÃO CONTROLADA À 200 RPM, TEMPERATURA DE 30°C E BTE COMO ÚNICA FONTE DE CARBONO

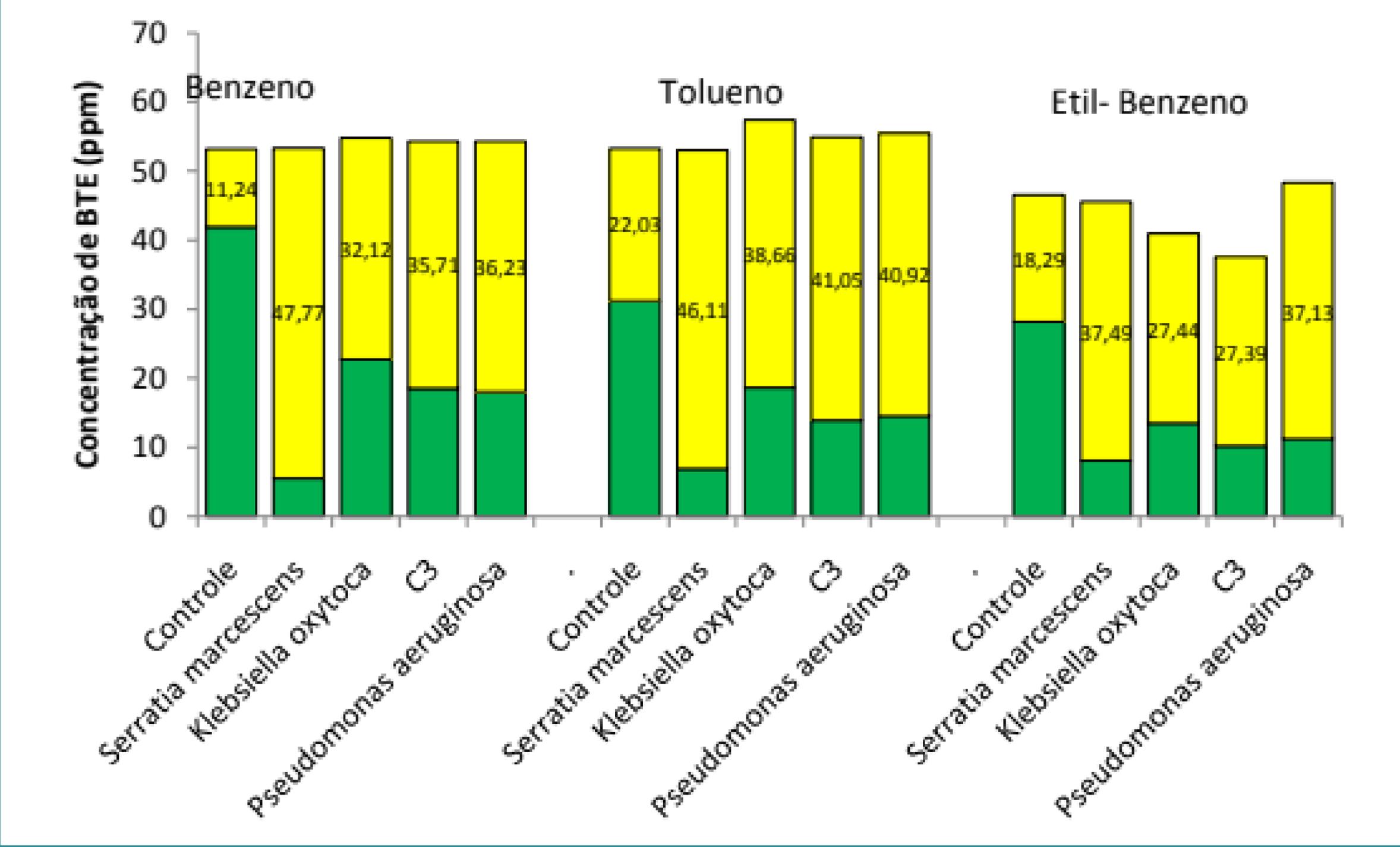
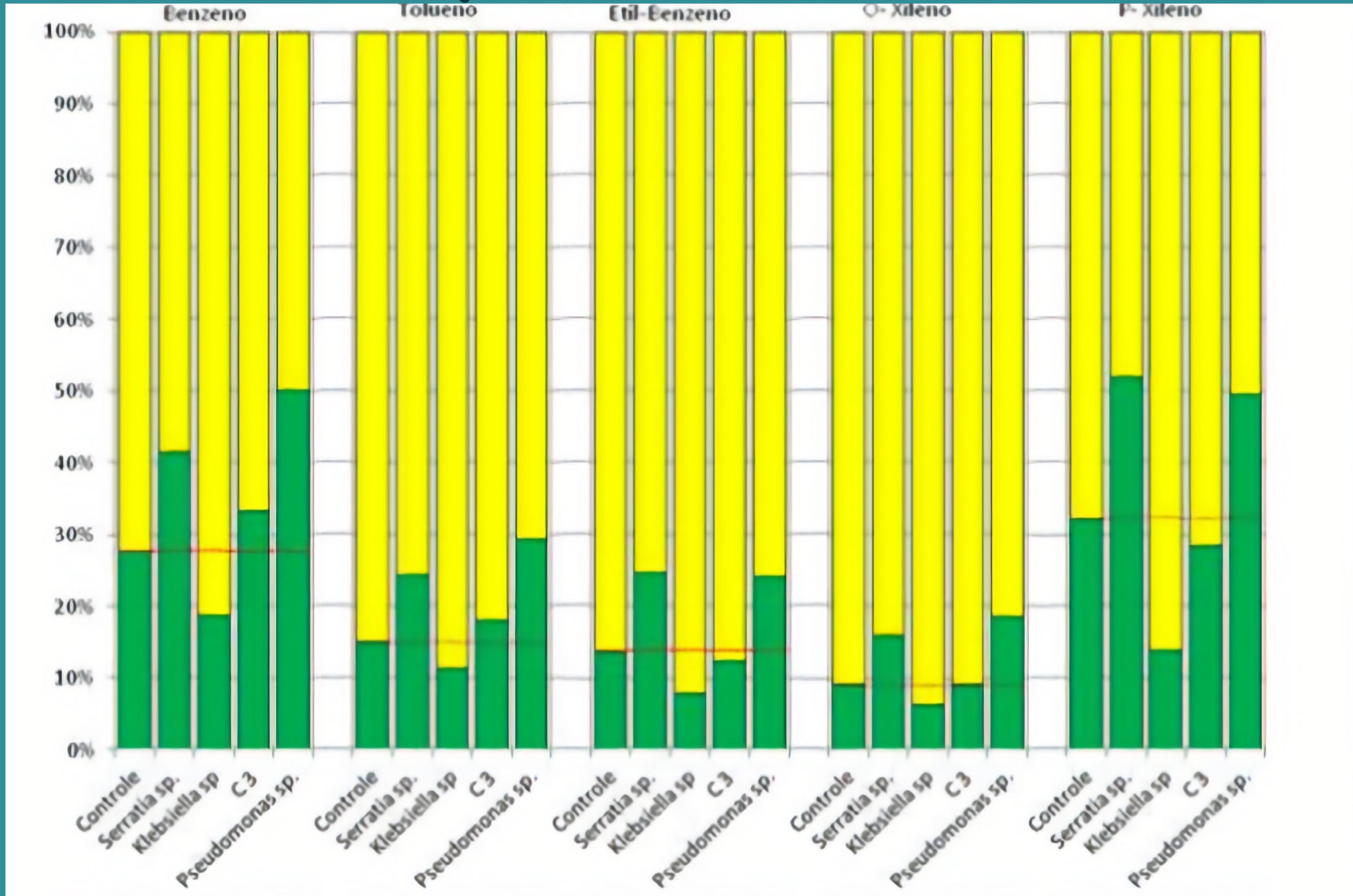


GRÁFICO 2: BIODEGRADAÇÃO DOS BTEX



AVANZI, Ingrid Regina. (2012)

- Observou-se que o tempo de biodegradação testado (10 dias) foi **insuficiente para a eliminação total** do BTEX presente;
- Implicando **necessidade de períodos superiores e/ou otimização do processo**, a fim de melhorar a eficácia da biodegradação;
- Um fator importante a ser considerado no processo é a **quantidade de oxigênio disponível na amostra**;
- No entanto, as quatro cepas isoladas podem ser **consideradas resistentes ao BTEX e adequadas para a remediação**;

OLIVEIRA, Luciana de. (2017)

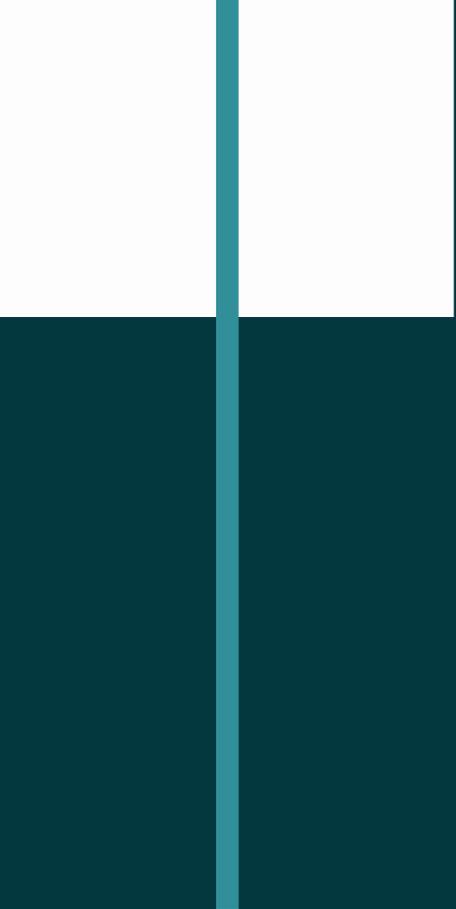
- Foram feitos **microcosmos** com **concentrações iniciais** de **1000Mg/L** de **cada um dos BTEX** para **cada uma das cepas estudadas**.
- Observando que **todas cepas foram capazes de degradar os BTEX individualmente**, com taxas de remoção que variam de **59% a 97,7%**, no caso mais promissor.

TABELA 2: Cepas previamente isoladas e identificadas usadas para repetição dos testes microbiológicos.

cepa	sequenciamento do DNAr 16S
RBB	<i>Serratia marcescens</i>
TTA	<i>Serratia marcescens</i>
TBB	<i>Burkholderia cepacia</i>
REB	<i>Burkholderia cepacia</i>
RTC	<i>Enterobacter sp.</i>

TABELA 3: Porcentagem de remoção de cada um dos compostos BTEX, quando fornecidos individualmente.

Composto	Biomassa (g/L)	<i>Porcentagem de remoção</i>				
		RBB	TTA	TBB	REB	RTC
B	0,01	83,2	82,8	86,1	88,1	93,8
	0,05	85,4	89,5	87,6	89,6	94,1
	0,1	86,0	91,8	89,3	90,5	94,6
T	0,01	94,8	91,6	88,5	87,5	97,0
	0,05	95,4	92,9	89,0	89,0	97,5
	0,1	96,5	94,4	89,5	90,8	97,9
E	0,01	90,1	86,3	84,5	86,5	87,5
	0,05	91,5	89,7	86,1	88,1	88,1
	0,1	92,9	90,6	89,0	90,2	90,3
X	0,01	63,9	59,5	67,5	69,5	82,5
	0,05	74,8	65,7	71,7	72,7	86,1
	0,1	87,4	70,6	74,6	76,6	89,3



BIODEGRAÇÃO DO CONJUNTO BTEX



GRÁFICO 3: Degradação simultânea de BTEX pela cepa RBB (*Serratia Marscescens*) onde: \diamond = benzeno; \square = tolueno; \triangle = etilbenzeno; \times = xileno e $*$ = branco.

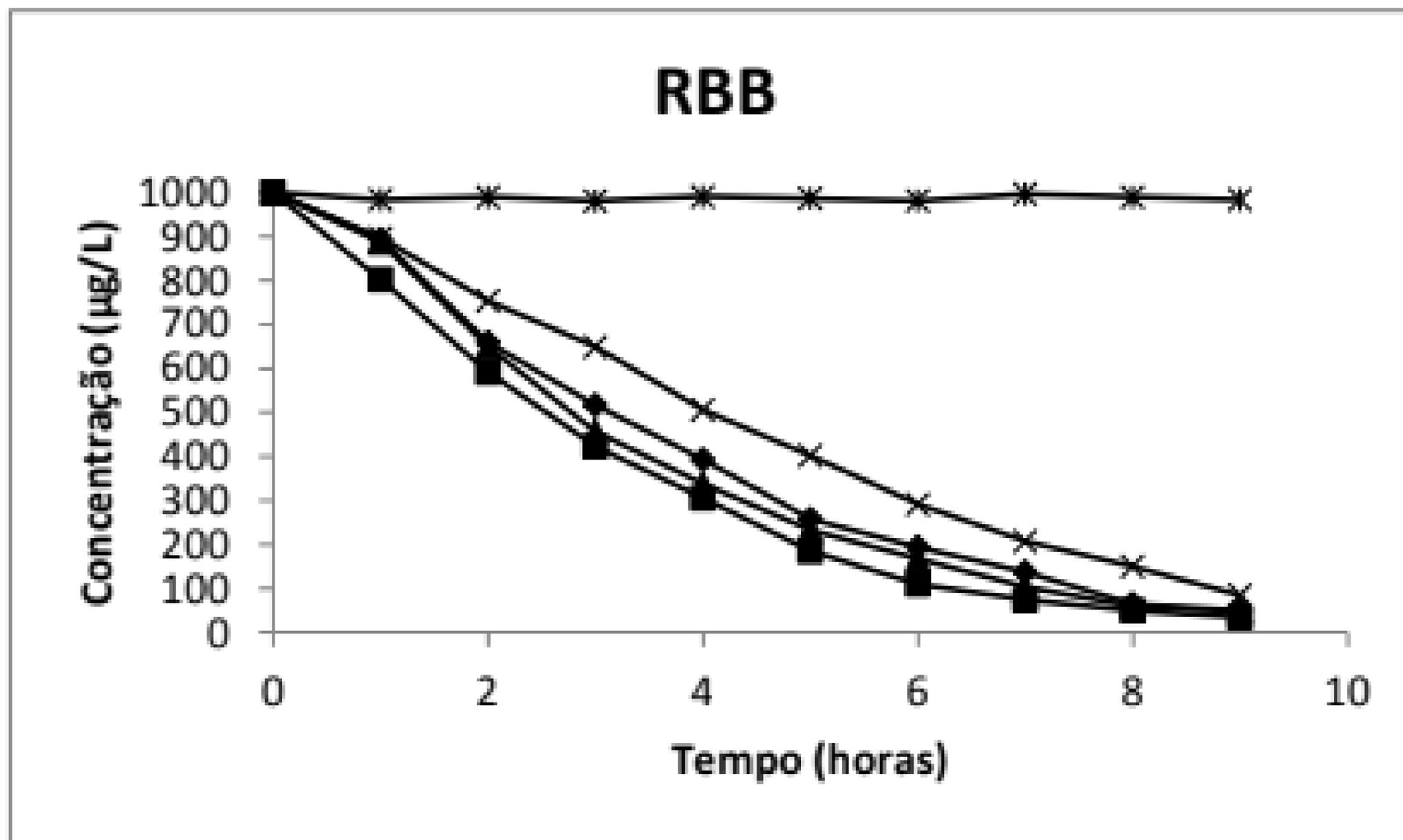


GRÁFICO 4: Degradação simultânea de BTEX pela cepa TTA (*Serratia Marscescens*) onde: \circ = benzeno; \square = tolueno; \triangle = etilbenzeno; \times = xileno e $*$ = branco.

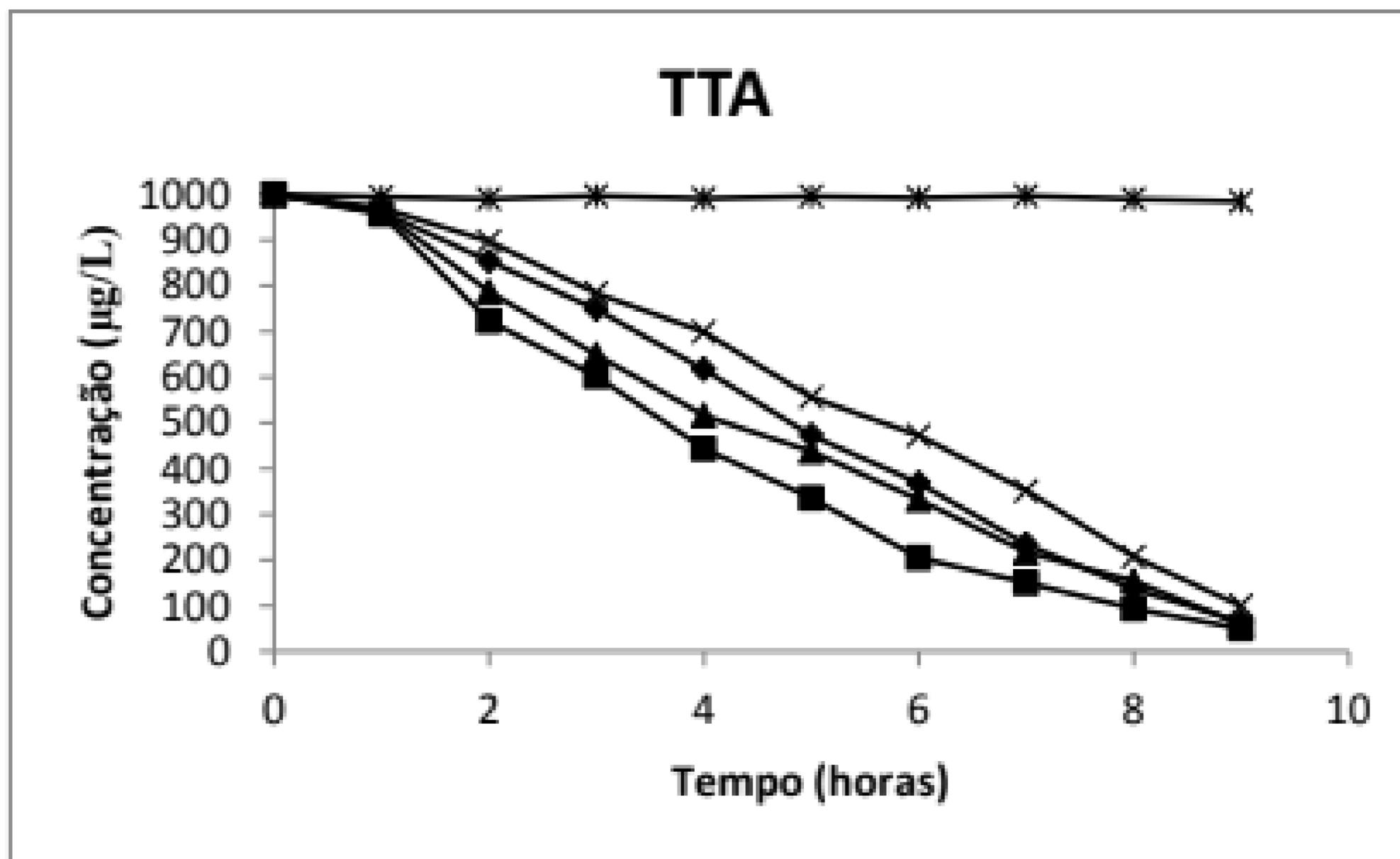


GRÁFICO 5: Degradação simultânea de BTEX pela cepa TBB (*Burkholderia cepacia*) onde: \circ = benzeno; \square = tolueno; \triangle = etilbenzeno; \times = xileno e $*$ = branco.

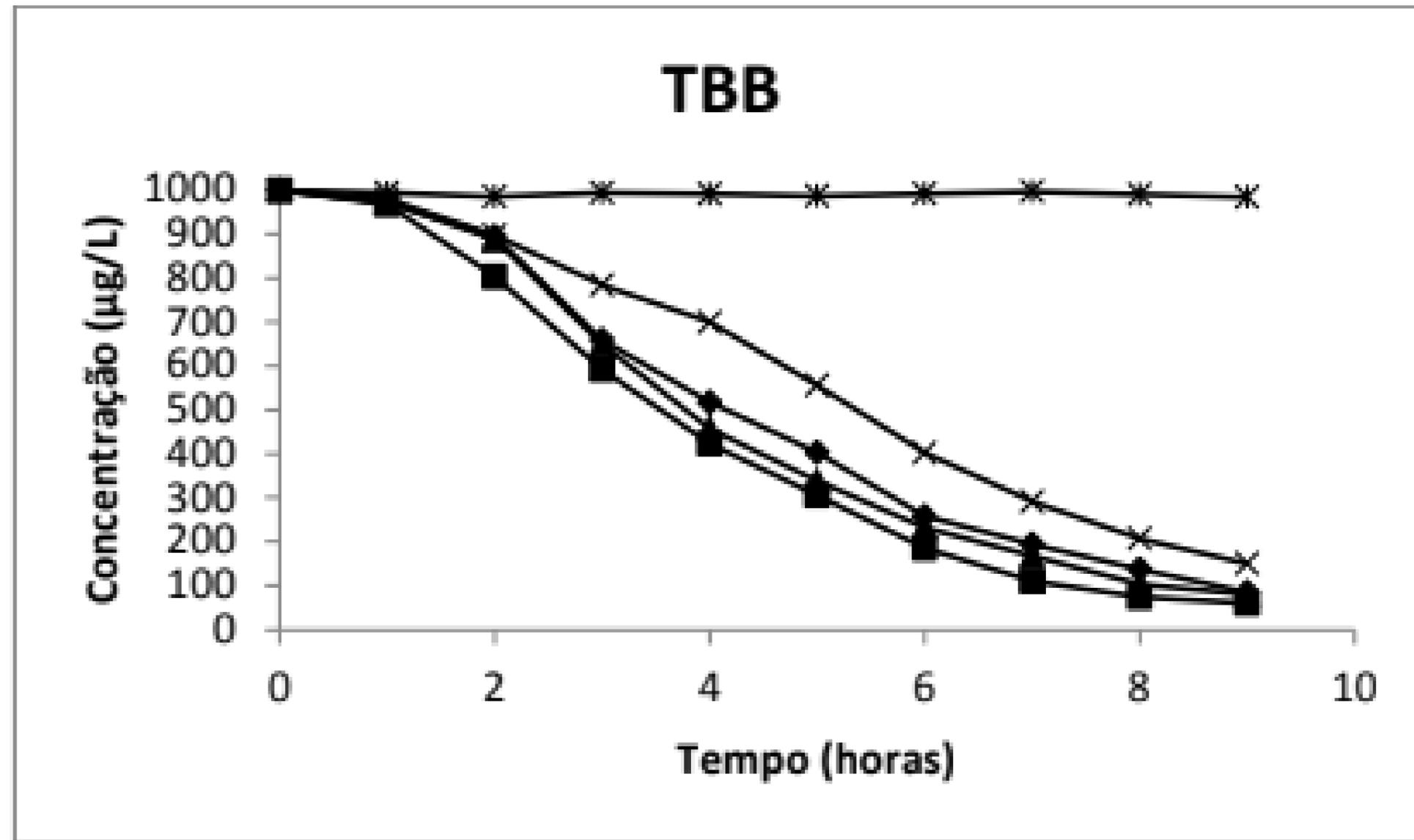


GRÁFICO 6: Degradação simultânea de BTEX pela cepa REB (*Burkholderia cepacia*) onde: $\text{---}\diamond\text{---}$ = benzeno; $\text{---}\square\text{---}$ = tolueno; $\text{---}\blacktriangle\text{---}$ = etilbenzeno; $\text{---}\times\text{---}$ = xileno e $\text{---}\ast\text{---}$ = branco.

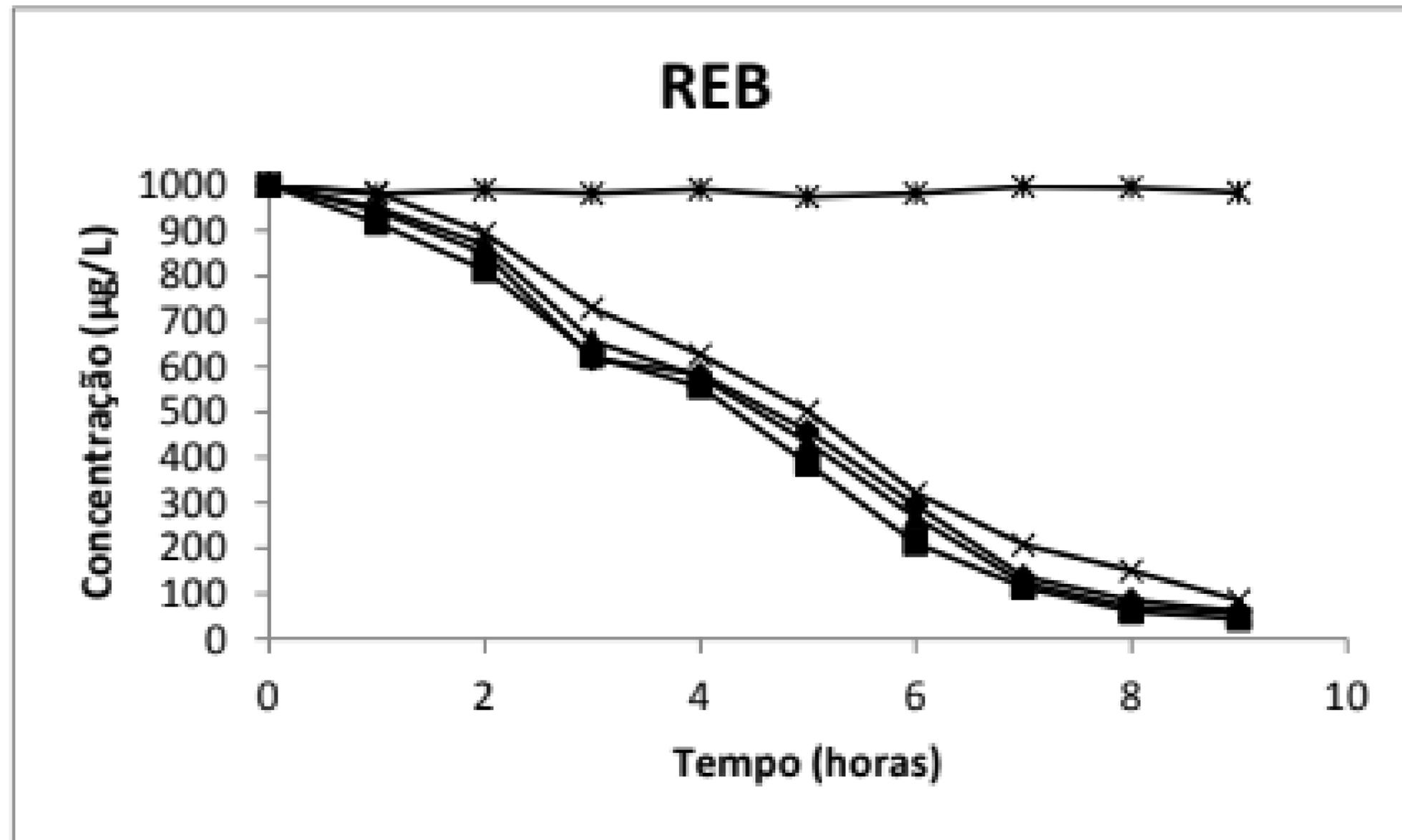
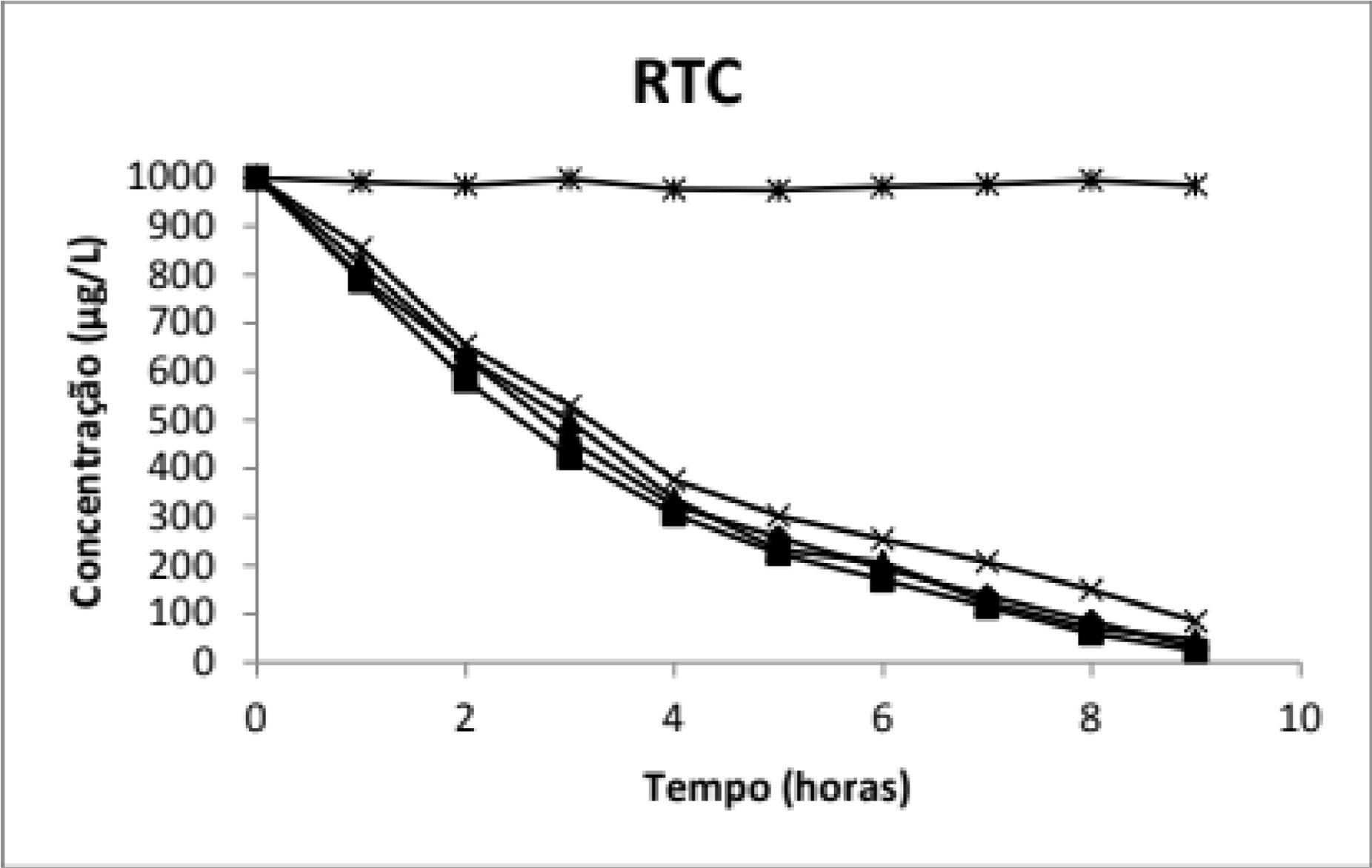


GRÁFICO 7: Degradação simultânea de BTEX pela cepa RTC (*Enterobacter sp.*) onde: \circ = benzeno; \square = tolueno; \triangle = etilbenzeno; \times = xileno e $*$ = branco.



**TABELA 4: Comparando os resultados de remoção dos compostos BTEX (%)-
simultânea e individual**

Cepas	<i>Diferença em %</i>			
	B	T	E	X
RBB	8,9	0,1	2,4	4,1
TTA	1,7	0,6	3,4	19,4
TBB	2,2	4,5	3,0	10,4
REB	3,4	4,8	4,1	14,9
RTC	2,3	0,3	-5	3,3

OLIVEIRA, Luciana de. (2017)

1 - Todas as cepas demonstraram **preferência pelo crescimento em tolueno**, assim como **baixa densidade celular quando xileno foi a única fonte de carbono disponível**.

2 - Os quatro BTEX são **capazes de induzir as vias de degradação uns dos outros** nas cinco cepas estudadas.

OLIVEIRA, Luciana de. (2017)

3 - A cepa que **melhor degrada os compostos** foi a **RTC**, uma *Enterobacter* sp.

4 - **Tolueno** foi o **composto mais bem degradado** para todas as cepas e a **degradação do xileno** foi a **mais lenta**.

OLIVEIRA, Luciana de. (2017)

5 - Todas as cepas degradam tolueno, etilbenzeno e xilenos, **até concentrações abaixo dos valores de potabilidade estipulados**. No entanto, isto **não ocorreu quando o substrato foi benzeno**.

6 - Quando os BTEX foram fornecidos em **forma de mistura**, houve um **aumento nas taxas de remoção dos mesmo**, provavelmente ocorrida pela **ação sinérgica** que os compostos têm sobre as vias de degradação.

**CÂMARA, Jéssica Maria
Damião de Arruda.
(2016)**

Utiliza a bactéria *Pseudomonas aeruginosa*,
de existência e preferência majoritárias em solo.

Degrada os BTEX com seus biossurfactantes
ramnolipídeos

CÂMARA, Jéssica Maria Damião de Arruda. (2016)

Vantagens dos biossurfactantes:

- alta biodegradabilidade;
- baixa toxicidade;
- biocompatibilidade;
- eficácia em condições extremas de temperatura, pH e salinidade.

FIGURA 2: ESQUEMA DA PESQUISA

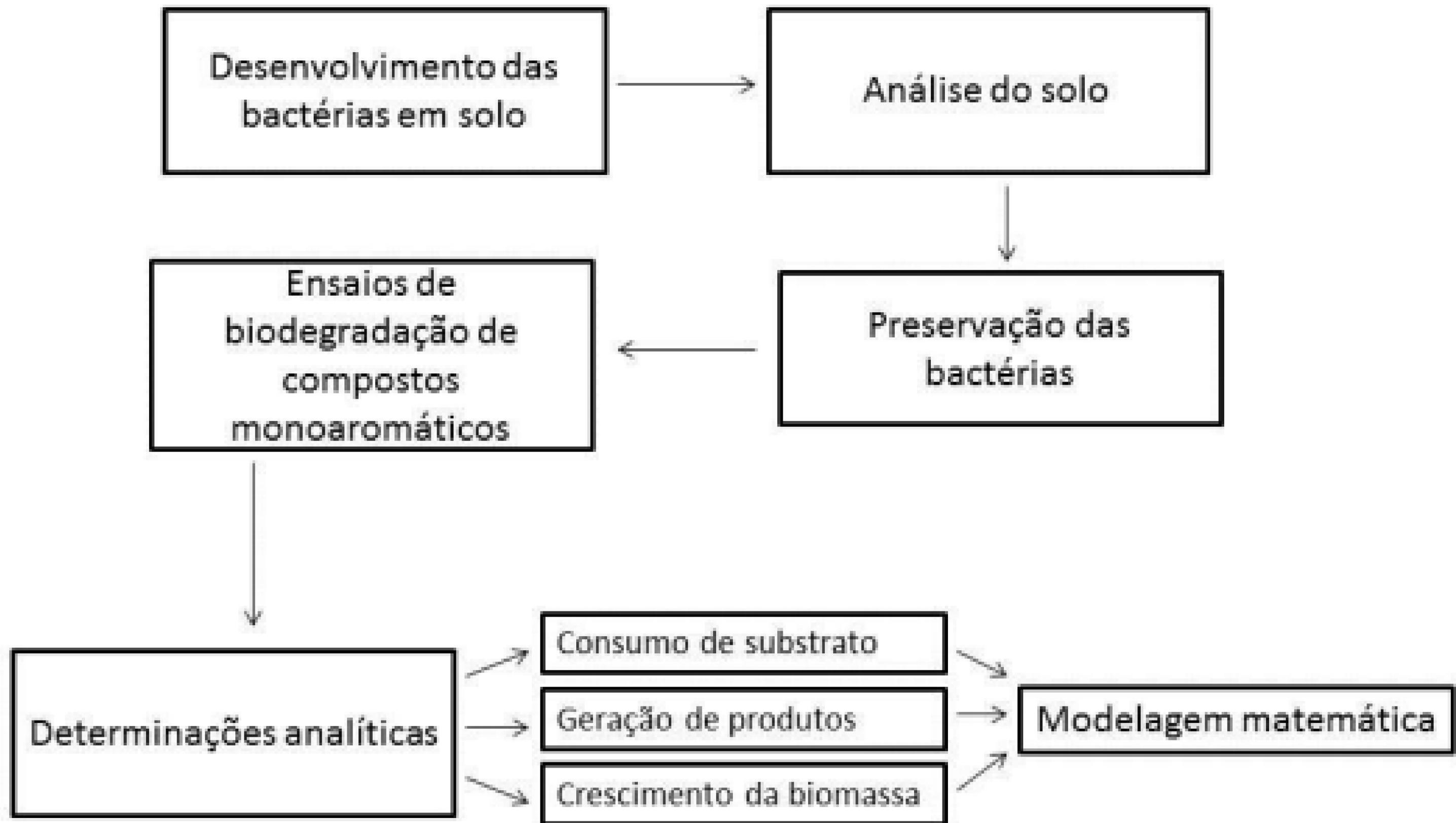


GRÁFICO 8: Consumo de substrato em relação ao tempo.

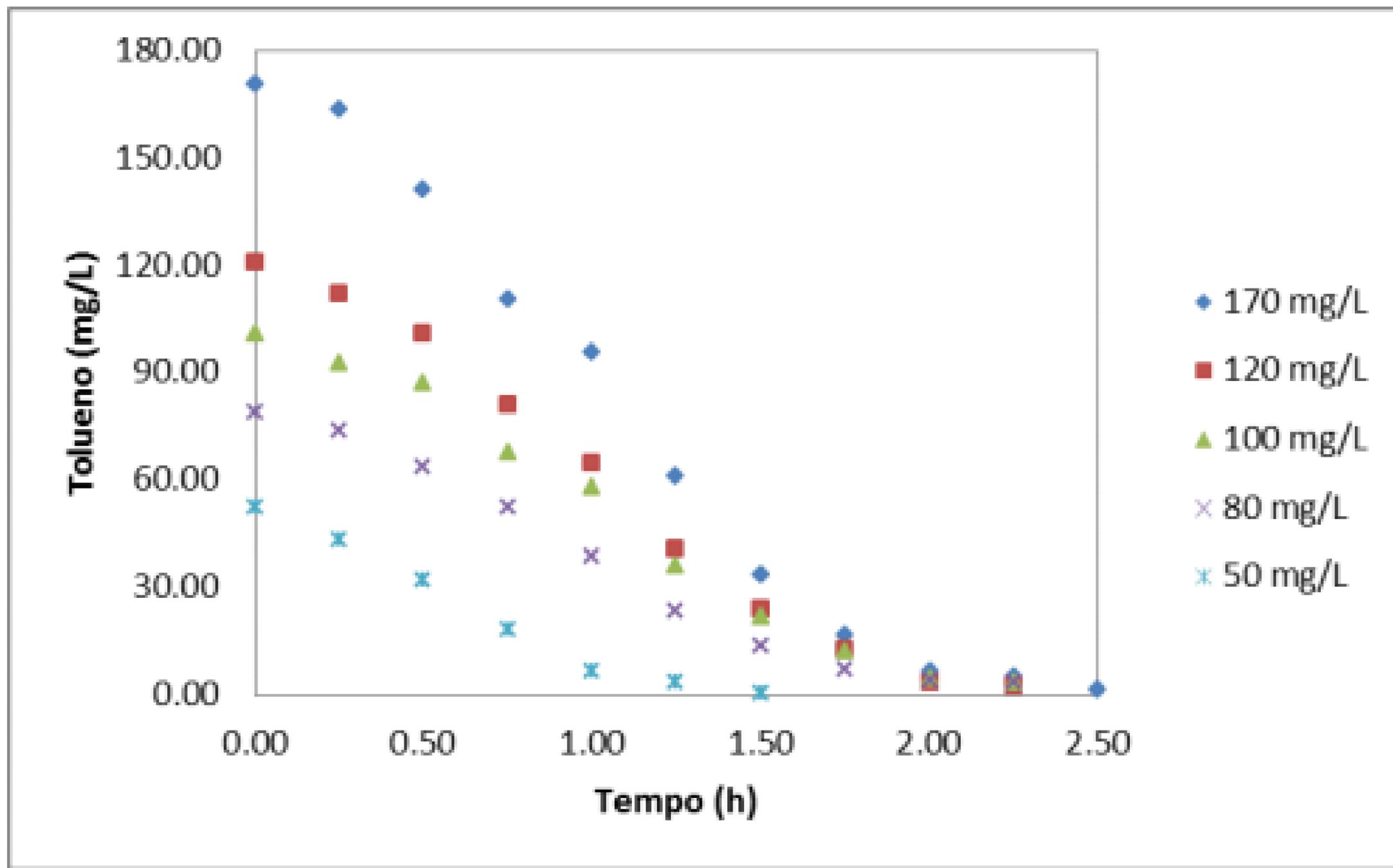


GRÁFICO 9: Crescimento da biomassa em relação ao tempo.

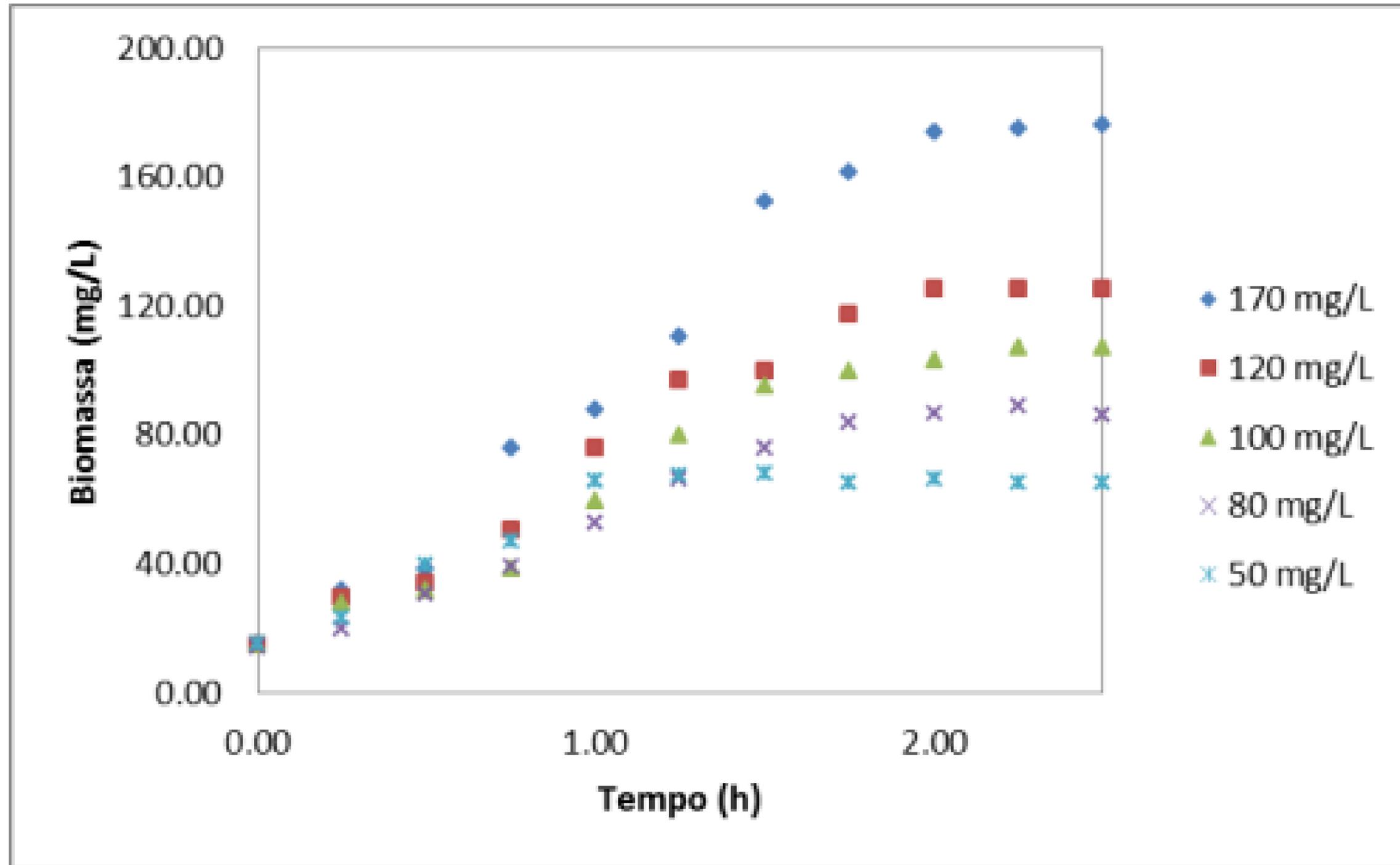


GRÁFICO 10: Consumo de substrato em relação ao tempo.

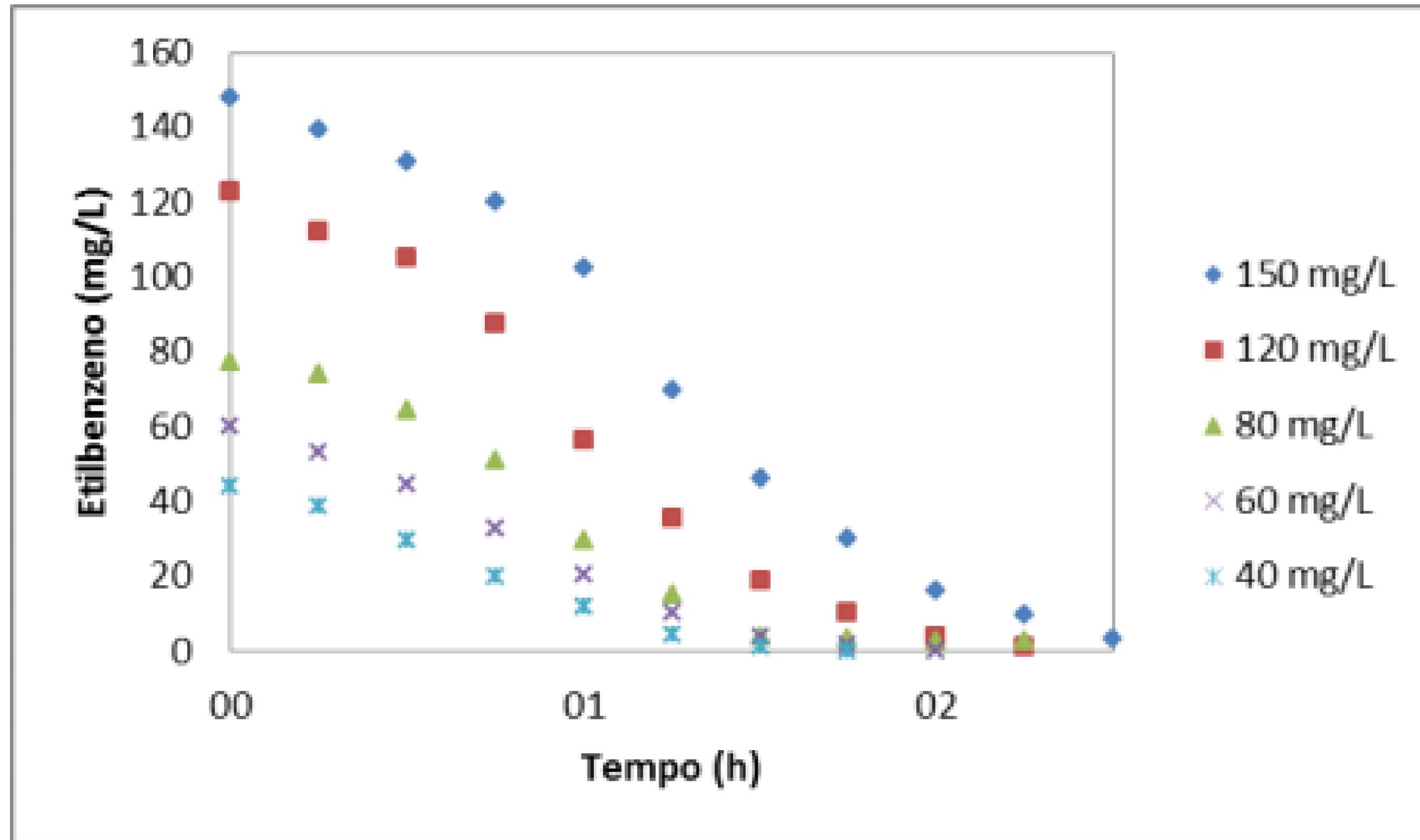


GRÁFICO 11: Crescimento da biomassa em relação ao tempo.

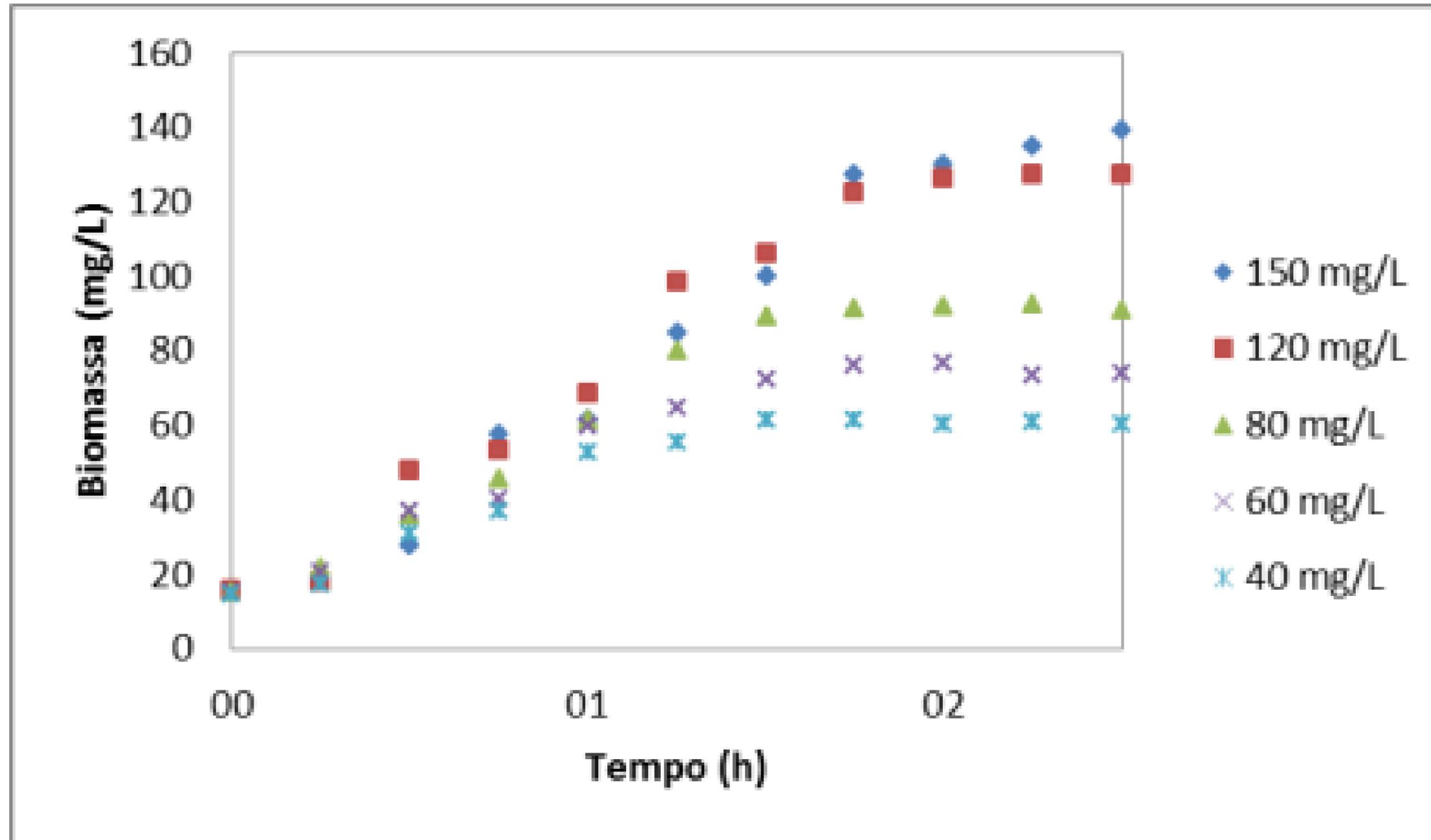


GRÁFICO 12: Consumo de substrato em relação ao tempo.

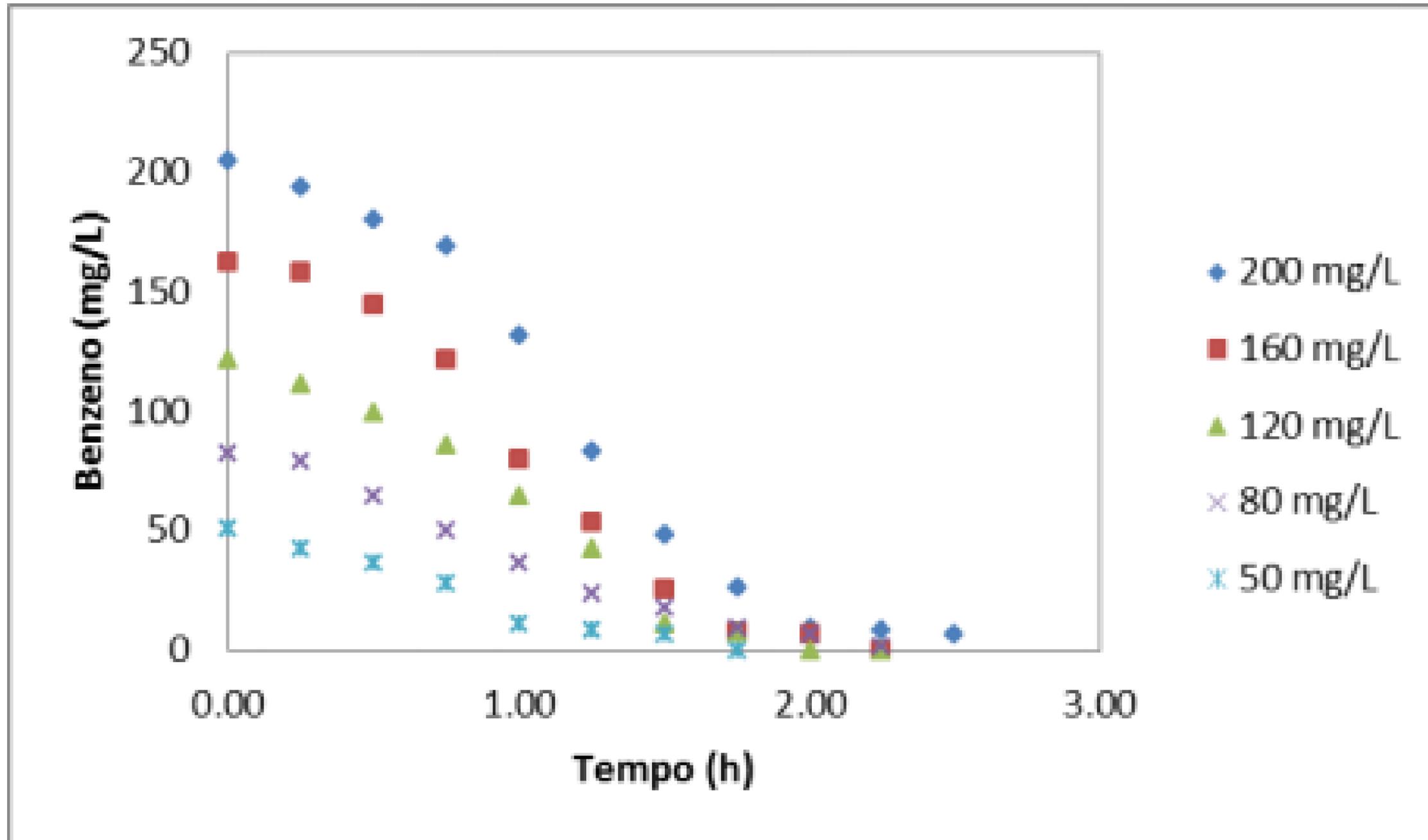
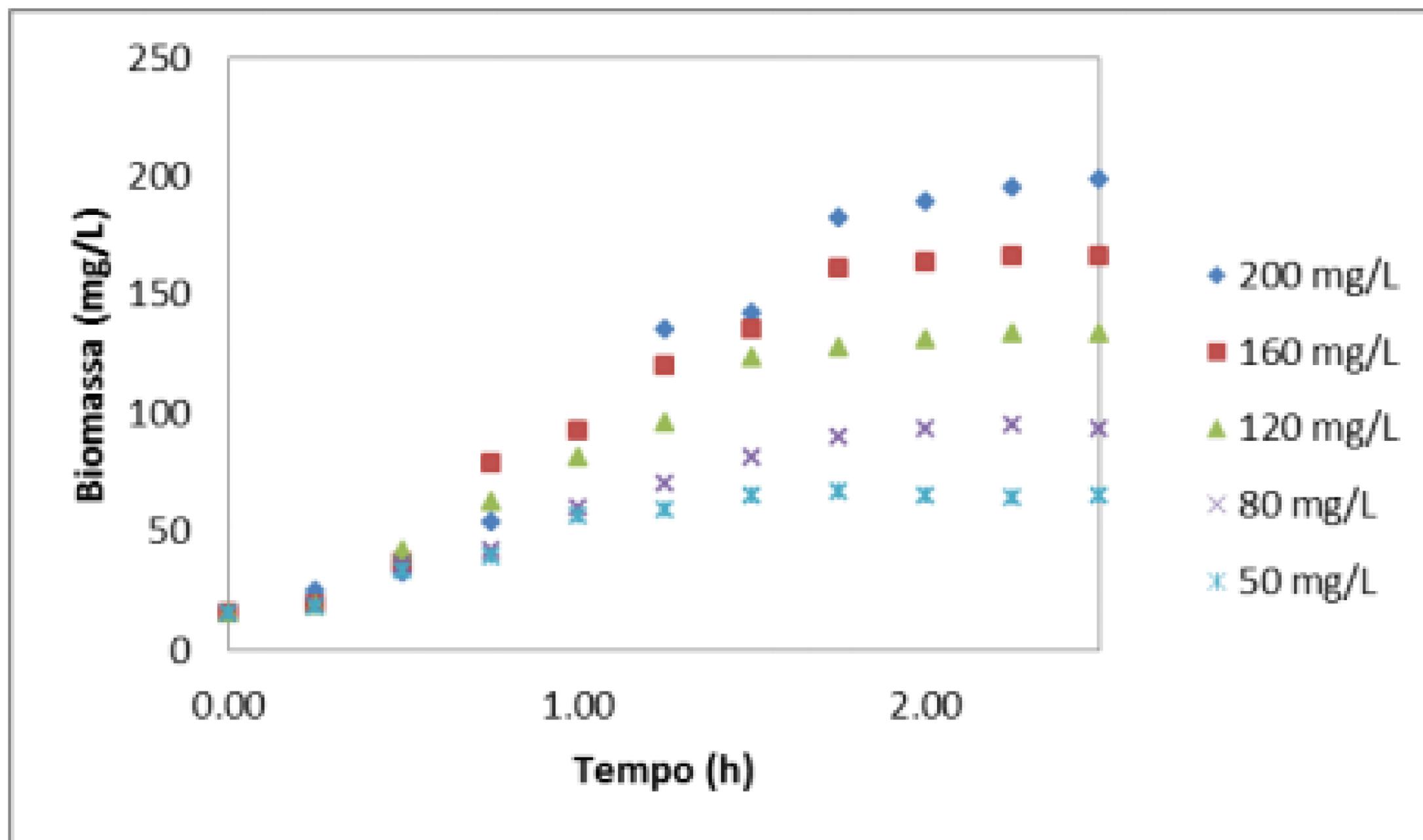


GRÁFICO 13: Crescimento da biomassa em relação ao tempo.

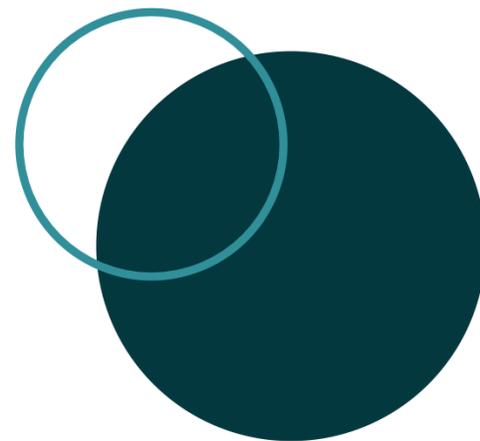


REFERÊNCIAS

AVANZI, Ingrid Regina. **"Áreas afetadas por BTEX na região de Cubatão: isolamento de micro-organismos com potencial para biorremediação e impactos socioambientais causados por estes compostos."** Dissertação (Mestrado) USP, 2012.

CÂMARA, Jéssica Maria Damião de Arruda. **"Análise da biorremediação de compostos monoaromáticos em água através da pseudomonas aeruginosa."** Dissertação (Mestrado) UFRN, 2016.

OLIVEIRA, Luciana de. **"Avaliação de capacidade de biodegradação de benzeno, tolueno, etilbenzeno e isômeros de xileno por bactérias isoladas de área contaminada."** Tese (Doutorado) USP, 2017.





MEMBROS DO GRUPO

ANNA JULIA SIGRIST

Número USP: 11797702. E-mail: annajsigrist@usp.br

CASSANDRA HEAZER MOMBO MOUSSAVOU

Número USP: 11743952 E-mail: cassandraheazer99@usp.br

LARA MOREIRA COMPRI

Número USP: 11797719. E-mail: laracompri@usp.br

LETÍCIA DE OLIVEIRA

Número USP: 11885436. E-mail: leticiaoliveira@usp.br