ENGENHARIA AMBIENTAL

Processos biólogicos de remoção de fosfato

Erick Rodrigues
Kauane Fialho
Lívia de Mello
Nely Frota

EESC | USP | MICROBIOLOGIA

Teses e artigos

Embasamento teórico utilizado na composição da apresentação

"Remoção biológica de fósforo em reatores em bateladas sequenciais com diferentes tempos de retenção de sólidos"

- Israel Nunes Henrique

"Remoção de fósforo de efluentes de estações de tratamento biológico de esgotos utilizando lodo de estação de água"

- Iara Regina Soares Chao

"Otimização de processos de precipitação química na remoção de fósforo de esgoto sanitário mediante a utilização de sais de ferro como coagulante"

- Fernanda Ferrari Gualberto

Relação Fósforo - Fosfato

Hidrogenofosfato

$$HPO_4 \Leftrightarrow PO_4 + H^+$$

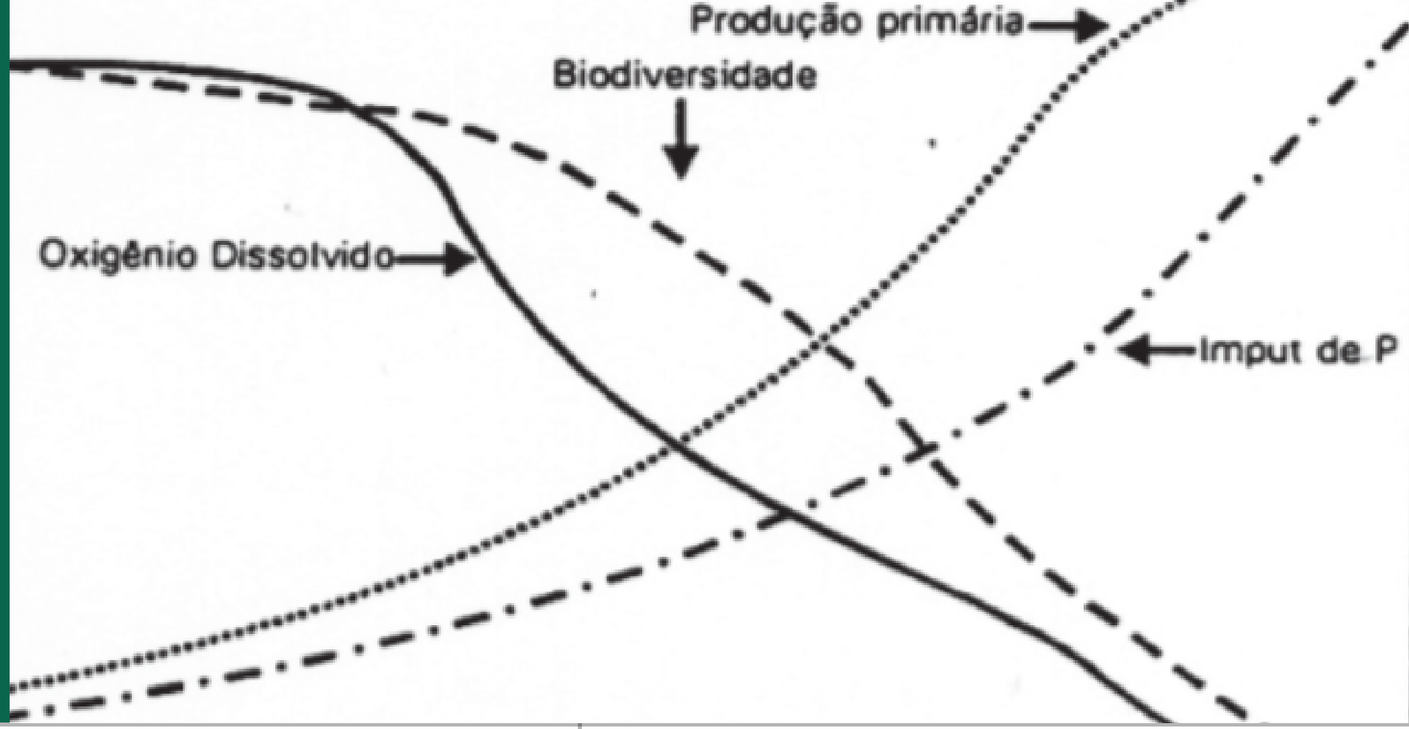
O fósforo é um mineral não metálico, de ciclo sedimentar, muito reativo e por isso não existe na forma elementar na natureza

50% do fósforo presente no esgoto doméstico provém dos detergentes

Importância da remoção de Fósforo

- Escoamento superficial e lixiviação também contêm fósforo
- Nitrogênio e Fósforo são os principais causadores da eutrofização

Eutrofização

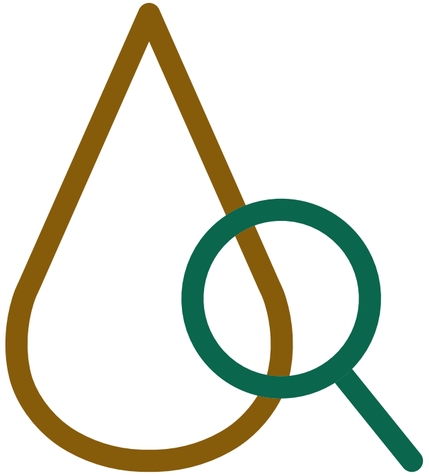


O fósforo regula o crescimento de várias populações e um aumento de sua disponibilidade culmina na proliferação excessiva de algas microscópicas, levando a um desequilíbrio ecológico

- Aumenta a DBO;
- Diminui o OD, a incidência luminosa e a biodiversidade

Caracterização do Esgoto Sanitário

- Desenvolvimento de técnicas de tratamento;
- Remoção eficiente de nutrintes;
  - Fosfatos orgânicos;
  - Ortofosfatos;
  - Polifosfatos.



- Resolução CONAMA 357/05
  - Padrões de qualidade da água

	Concentrações Máximas de Fósforo Total (mgP/L)		
Ambiente	**Classe 1**	**Classe 2**	**Classe 3**
Lêntico	0,020	0,03	0,05
Intermediário	0,025	0,05	0,075
Lótico	0,1	0,1	0,15

Fonte: Brasil, 2005

Processos biológicos para a remoção de Fósforo

Para a remoção biológica de fósforo, é essencial existência de zonas anaeróbias e zonas aeróbias no processo de tratamento.

- Organismos Acumuladores de Fosfato (OAP).

Acinetobacter.

Condições Aeróbias:

- Consumo de substrato armazenado e assimilação de fosfato;
- Produção de novas células;
- Liberação do fosfato;

Condições Anaeróbia

Condições Anaeróbias:

- Seletor biológico;
- Vantagem em termos de competição;
- OAP

Consomem a matéria orgânica;
Armazenam PHB;
Liberam fosfato.

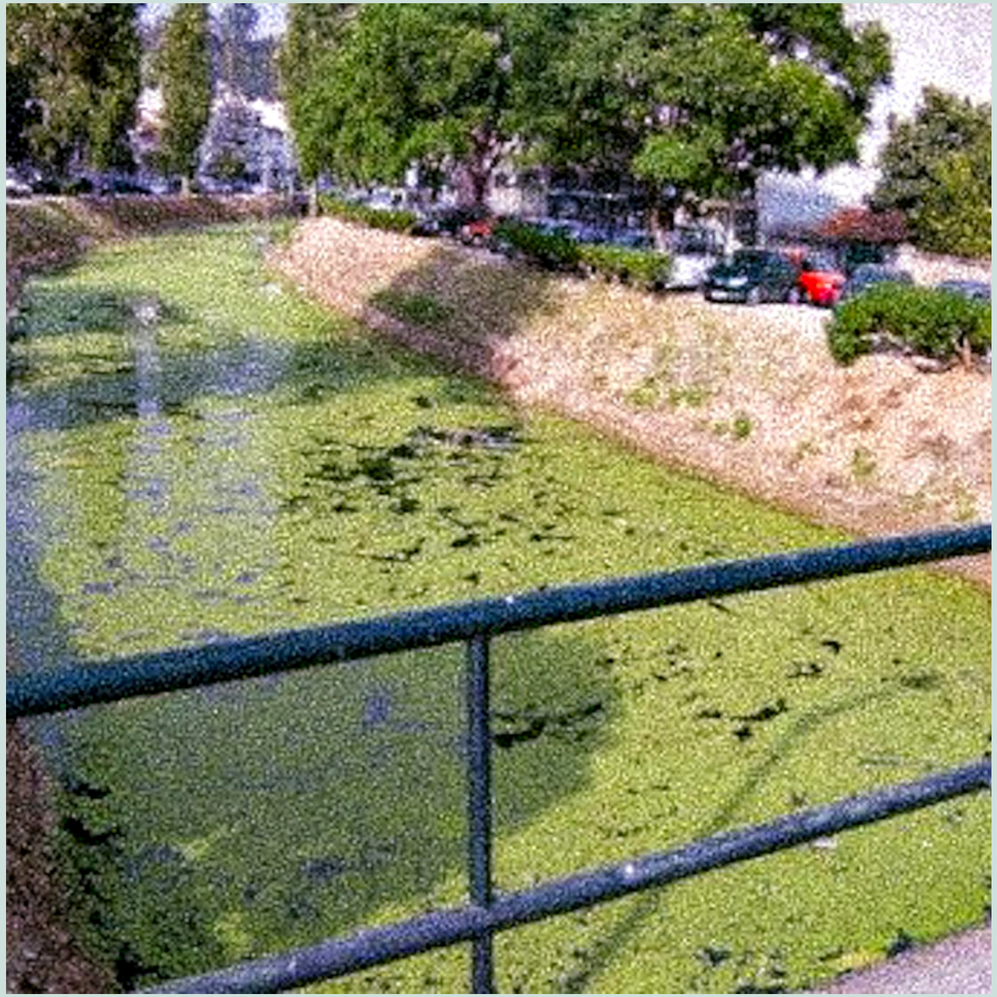
Comparativo das eficiências de remoção de fósforo nos diversos processos de tratamento

Processos e Operações de Tratamento	Remoção do Fósforo (%)
Tratamento Preliminar	~0
Tratamento Primário	10~20
Lagoa Facultativa	20~60
Lodos Ativados Convencional	30~45
Lodos Ativados Aeração Prolongada	10~20
Lodos Ativados Fluxo Intermitente	30~45
UASB	10~20
Fossa Séptica	10~20
Infiltração Lenta	75~99
Infiltração Rápida	30~99
Infiltração Subsuperficial	85~95
Infiltração Superficial	85~95

- **Fonte:** SPERLING, 1996

Estudo de Caso - Artigo Técnico

Remoção biológica de fósforo em reatores em bateladas sequenciais com diferentes tempos de retenção de sólidos



Israel Nunes Henrique
José Tavares de Sousa
Beatriz Susana Ovruski de Ceballos
Danielle Patrício Brasil

Microbiologia

Introdução

Base da Remoção Biológica

Capacidade, de algumas bactérias heterotróficas presentes na biomassa ativa dos lodos ativados de removerem fósforo.

Metodologia

Monitoramento in loco do Reator 1

Operação com distribuição de 2 fases aeróbias intercaladas a uma fase anaeróbia.

Monitoramento in loco dos Reatores 2 e 3

4 fases com duas repetições das fases anaeróbias e aeróbias

Estudo de caso

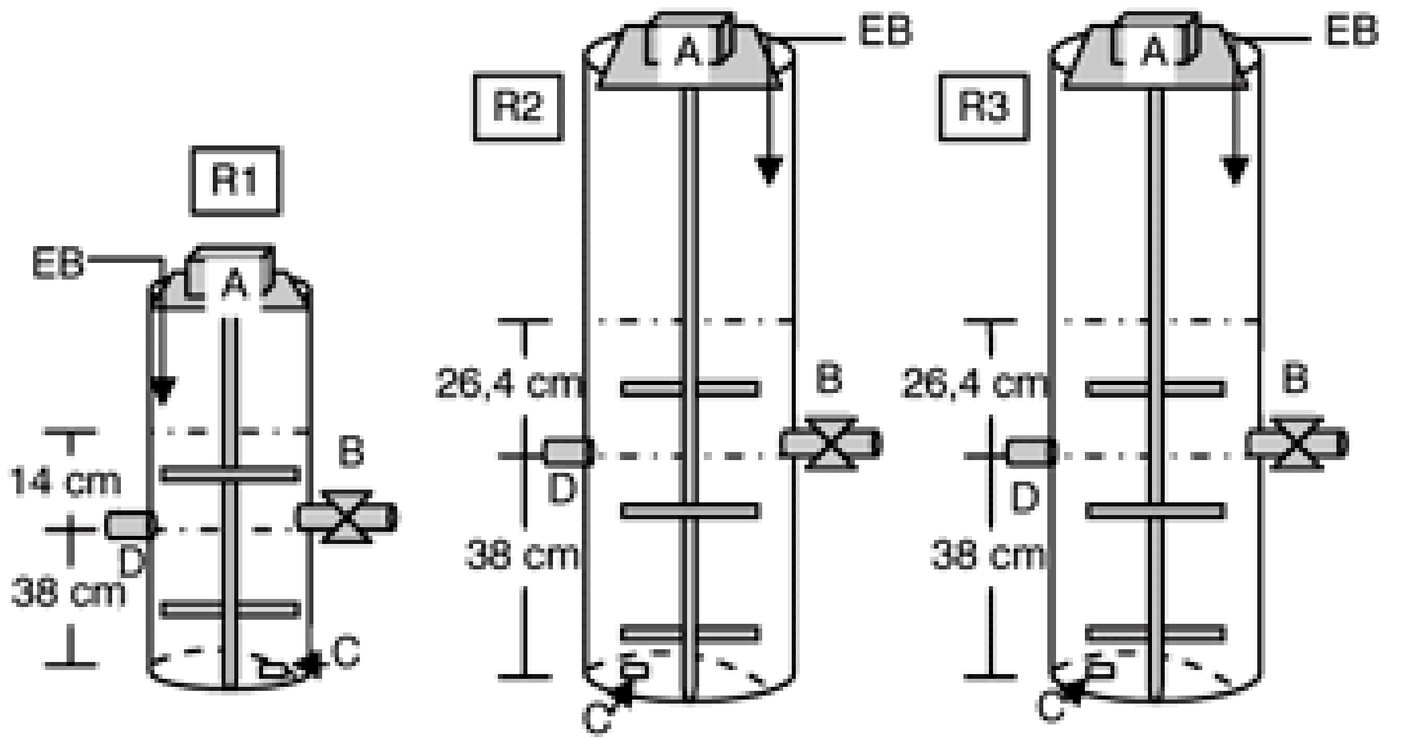
Fase Endógena

Fase de alimentação

Fase Anaeróbia

Fase Aeróbia

No estudo de caso selecionado, trataremos da remoção por um reator bateladas sequenciais, como o do esquema abaixo.



A: agitador; B: válvula de descarga do efluente; C: difusor de ar; D: ponto de coleta; EB: afluente.

Fonte: Eng Sanit Ambient | v.15 n.2 | abr/jun 2010 | 197-204

Parâmetro operacionais relevantes dos sistemas estudados

Parâmetros	Reator 1	Reator 2	Reator 3
TRC (dias)	20	5	3
Batelada (dia^{-1})	3	3	3
Volume útil (L)	9	28,5	28,5
Volume de esgoto bruto tratado ($L.dia^{-1}$)	9	35,1	35,1
Descarte de lodo ($L.dia^{-1}$)	0,45	5,7	9,5
OD (mg $O_2.L^{-1}$)	0,5 - 1,0	0,5 - 1,2	0,5 - 1,2
Tempo de operação (dias)	45	35	35

TRC: tempo de retenção celular; OD: oxigênio dissolvido.

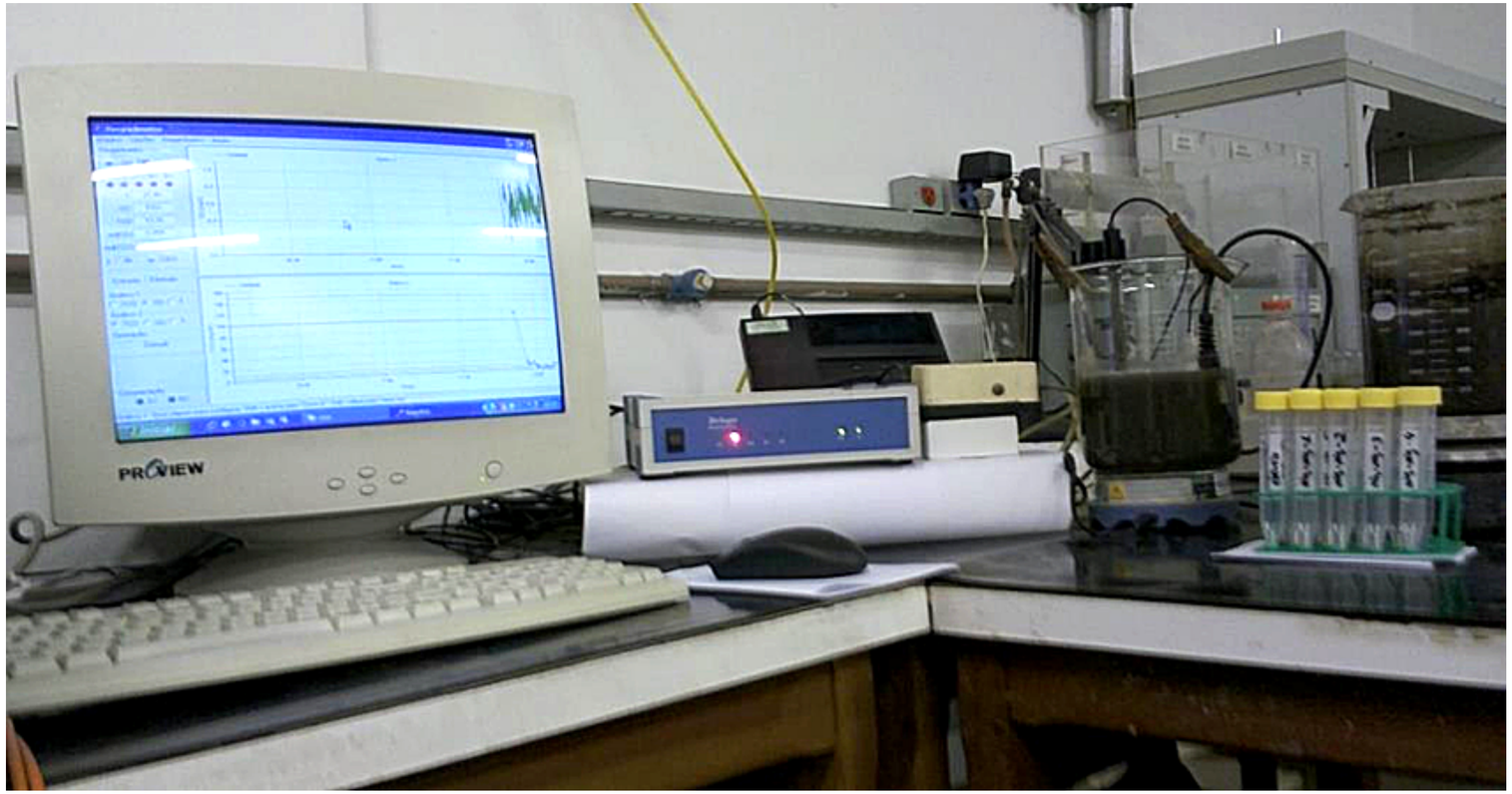
Fonte: Eng Sanit Ambient | v.15 n.2 | abr/jun 2010 | 197-204

Testes de bancada

Os testes de bancada foram realizados com o auxilio de técnicas de respirometria e como substrato orgânico foi utilizado acetato com adição de fósforo em solução.

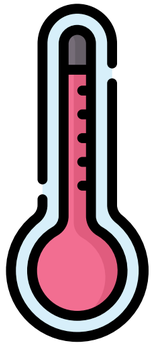
Respirômetro Beluga

O respirômetro Beluga foi desenvolvido no departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande



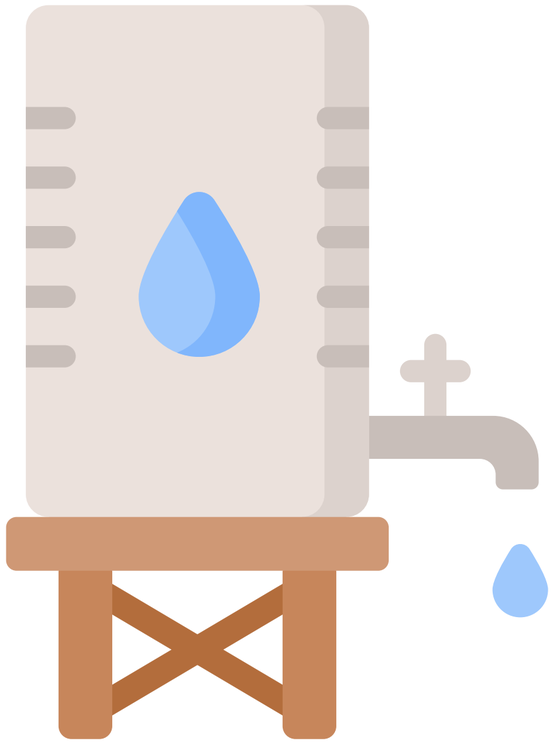
Fonte: ResearchGate.

O equipamento transmite os dados de leituras de Oxigênio Dissolvido (OD) (mg /L), Temperatura (ºC) e Taxa de Consumo de Oxigênio (TCO) para um microcomputador.



Esse equipamento foi utilizado para verificar as diferentes fases aplicadas nos ensaios no processo de avaliação de remoção de fósforo.

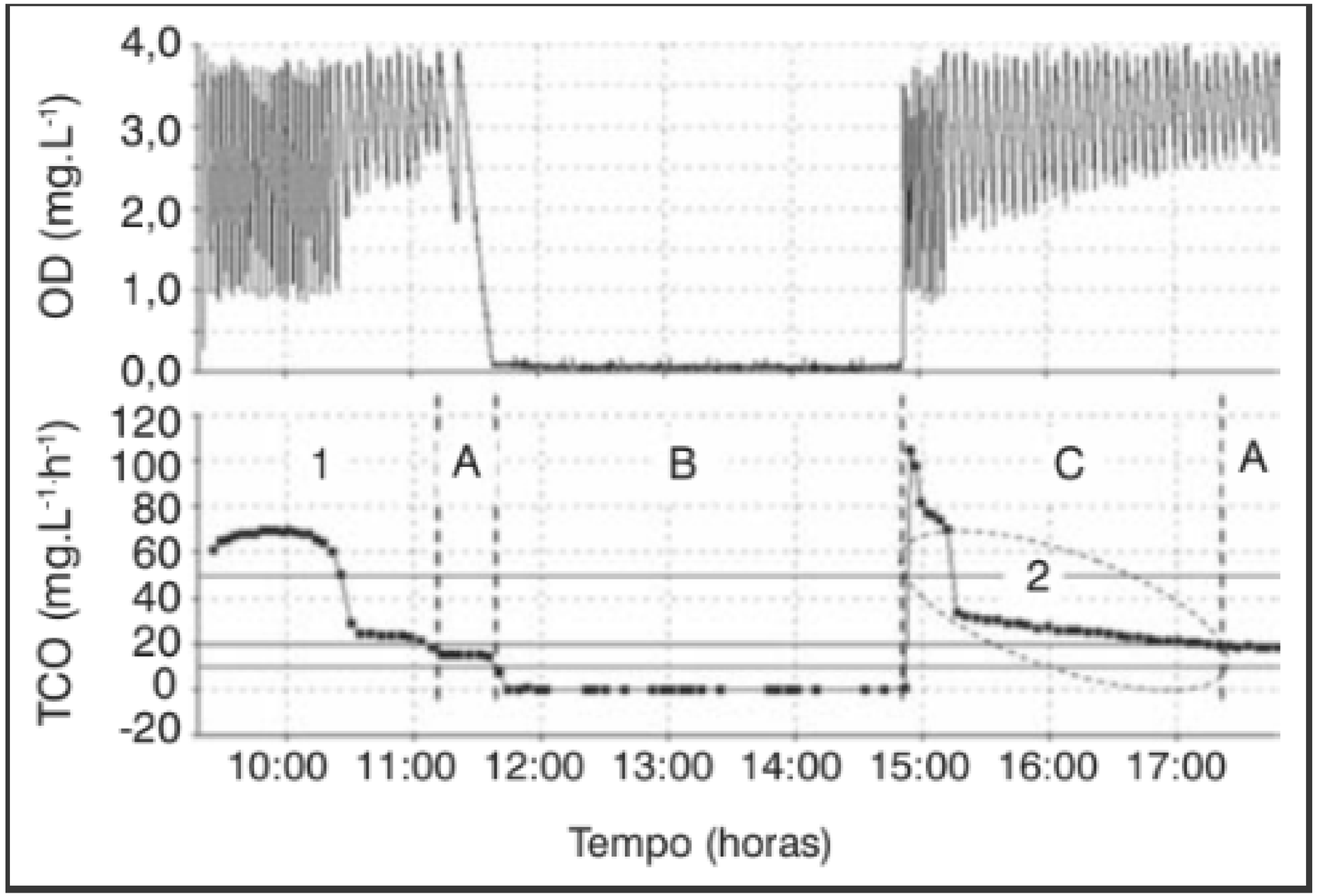
Respirômetro no experimento:



Os dados obtidos a partir da leitura são plotados em um gráfico denominado respirograma.

O teste respirométrico foi realizado em um becker de 2L com adição de substrato sintético.

Figura: Perfil de oxigênio dissolvido e taxa de consumo de oxigênio de uma amostra de lodo ativado usando um respirograma



Onde:

1: Período de adição do esgoto bruto;

A: Fase endógena;

B: Fase anaeróbia;

C: Fase aeróbia;

2: Fase de assimilação de P-PO43- e consumo de PHA.

Fonte: Eng Sanit Ambient | v.15 n.2 | abr/jun 2010 | 197-204

Resultados e Discussão

Será discutido a análise dos parâmetros obtidos nos reatores em bateladas sequenciais em diferentes estudos.

Tabela: Resultados analisados nos reatores

Parâmetros	EB_1	R1	ER (%)	EB_2	R2	ER (%)	EB_3	R3	ER (%)
n	25	25	-	14	14	-	8	8	-
pH	7,55	7,86	-	7,13	7,56	-	6,9	7,54	-
Temperatura (°C)	24,8	24,4	-	25,2	25,5	-	24,9	25,3	-
P_{total} ($mg.L^{-1}$)	6,6	1,4	79	8,7	1,6	82	9,1	1,92	79
$P\text{-}PO_4^{3-}$ ($mg.L^{-1}$)	4,8	0,9	81	5,9	1,1	81	5,83	1,61	72
DQO_t ($mgO_2.L^{-1}$)	426	73	83	487	57	88	552	74	87
DQO_f ($mgO_2.L$-1)	159	54	66	221	51	77	186	52	72
ALC_t ($mg.CaCO_3.L^{-1}$)	508	330	-	415	283	-	366	314	-
AGV ($mg.HAc.L^{-1}$)	113	18	-	109	19	-	104	26	-
NTK ($mg.L^{-1}$)	48	8	83	64	21	67	74	47	36
$N\text{-}NH_4^+$ ($mg.L^{-1}$)	39	7	82	50	18	64	55	40	27
$N\text{-}NO_2^-$ ($mg.L^{-1}$)	nd	2,3	-	nd	2,7	-	nd	1,8	-
$N\text{-}NO_3^-$ ($mg.L^{-1}$)	nd	9,1	-	nd	3,5	-	nd	1,6	-
SSV_{LM} ($mg.L^{-1}$)	-	2.851	-	-	1.475	-	-	710	-
SSV_{Ef} ($mg.L^{-1}$)	101	7	-	156	8	-	172	5	-

n: nº de determinações; EB: esgoto bruto; R1, R2, R3: reatores 1, 2 e 3; nd: não determinado; ER: eficiência de remoção; LM: licor misto; Ef: efluente; DQOt: demanda química de oxigênio total; DQOf: demanda química de oxigênio filtrada; ALCt: alcalinidade total; AGV: ácidos graxos voláteis; NTK: nitrogênio total; SSV: sólidos suspensos voláteis.

- **Fonte:** Eng Sanit Ambient | v.15 n.2 | abr/jun 2010 | 197-204

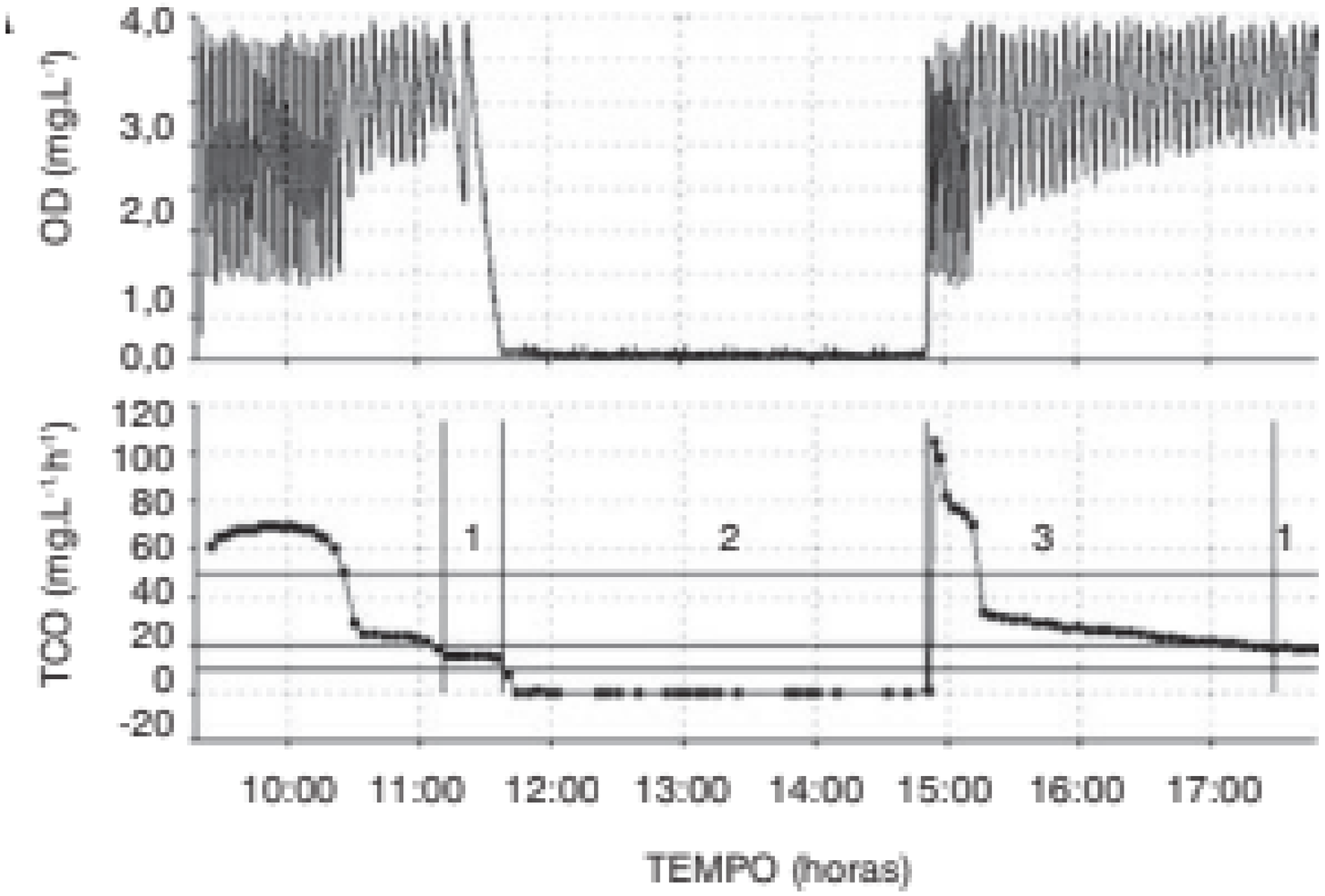
Respirometria da biomassa do Reator 1 (R1):

Foram realizados ensaios de liberação e assimilação de fósforo, com adição de fontes externas de carbono.

No ensaio, foram adicionadas solução de acetato equivalente a 240 mgDQO.L-1 e 18 mg.L-1 de fósforo em solução.

O ensaio teve duração de seis horas,sendo três horas para a fase anaeróbia e três horas para a fase aeróbia.

Figura: Perfil da concentração de oxigênio dissolvido e taxa de consumo de oxigênio por meio da respirometria



Fase 1: endógena
Fase 2: anaeróbia
Fase 3: aeróbia

Fonte: Eng Sanit Ambient | v.15 n.2 | abr/jun 2010 | 197-204

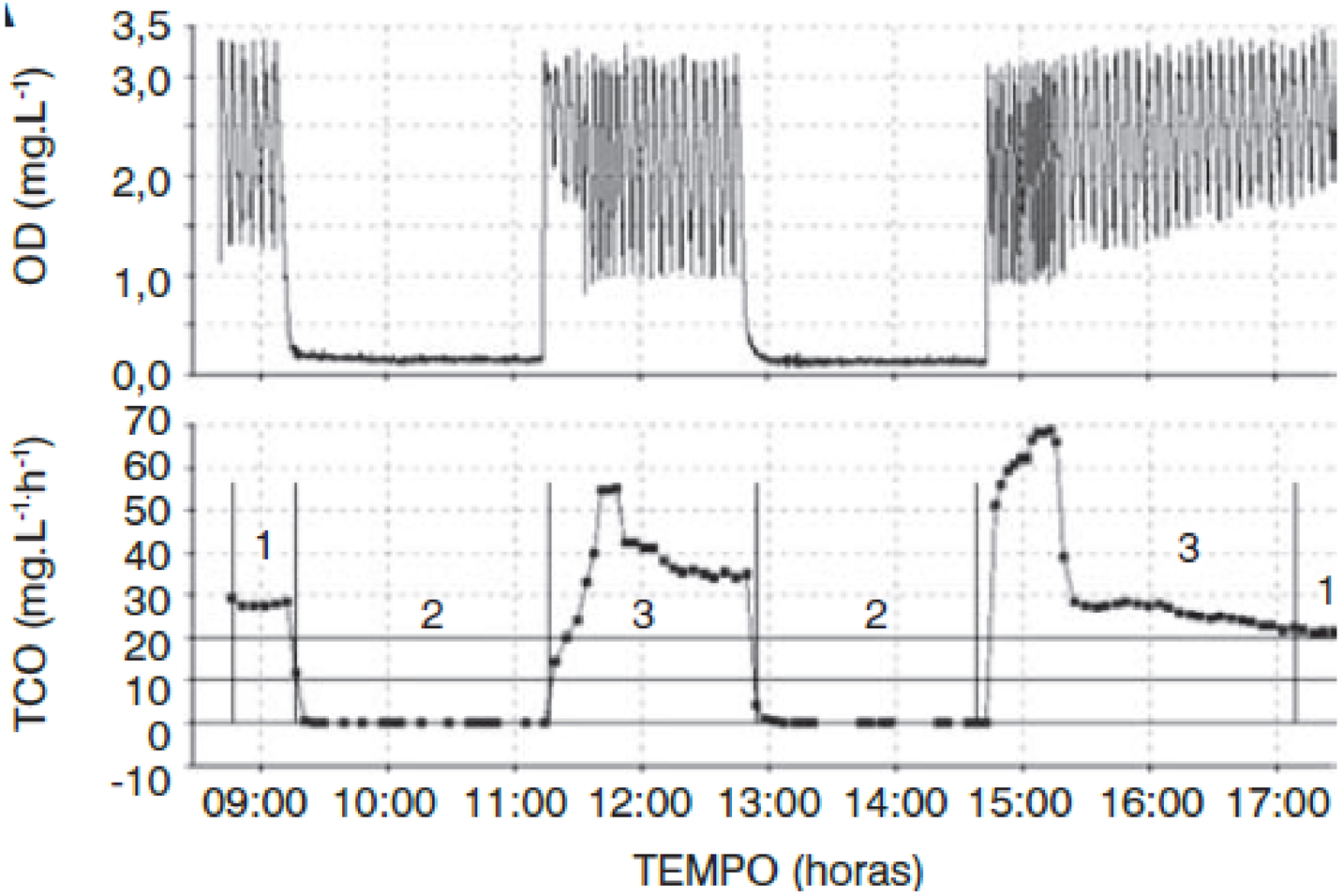
Respirometria da biomassa do Reator 2 (R2):

Foram realizados ensaios de liberação e assimilação de fósforo, utilizando a biomassa do Reator 2.

A alimentação do R2 em regime de bateladas ocorreu em duas etapas.

Levou-se em consideração a aplicação de duas fases anaeróbias seguidas de duas fases aeróbias.

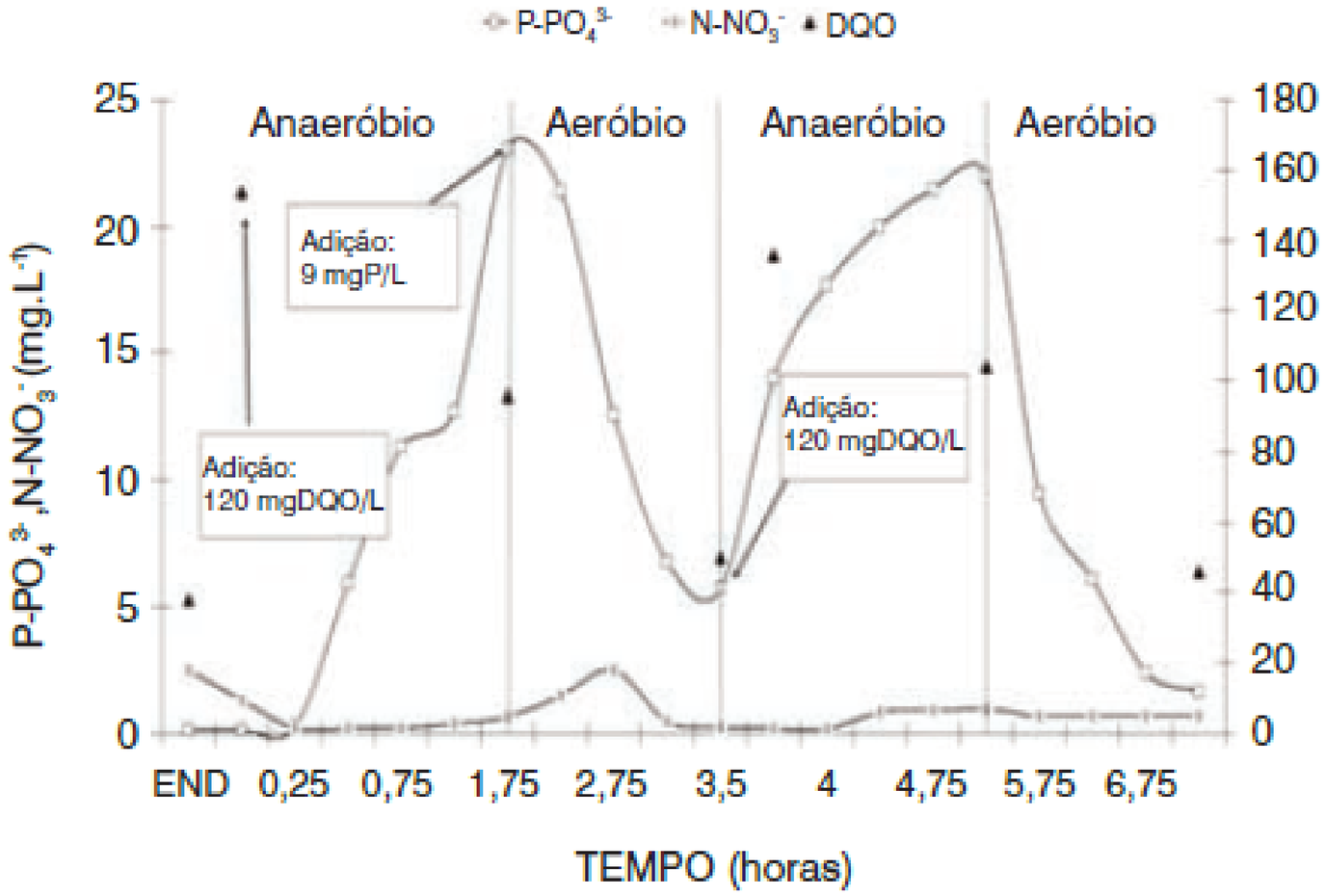
Figura: Perfil da concentração de oxigênio dissolvido e taxa de consumo de oxigênio por meio da respirometria



Fase 1: endógena
Fase 2: anaeróbia
Fase 3: aeróbia

Fonte: Eng Sanit Ambient | v.15 n.2 | abr/jun 2010 | 197-204

Figura: perfil da concentração de P-PO43-, N-NO3- e demanda química de oxigênio das amostras coletadas durante o ensaio com a biomassa do R2, com adição de fósforo, no início da fase aeróbia.



Fonte: Eng Sanit Ambient | v.15 n.2 | abr/jun 2010 | 197-204

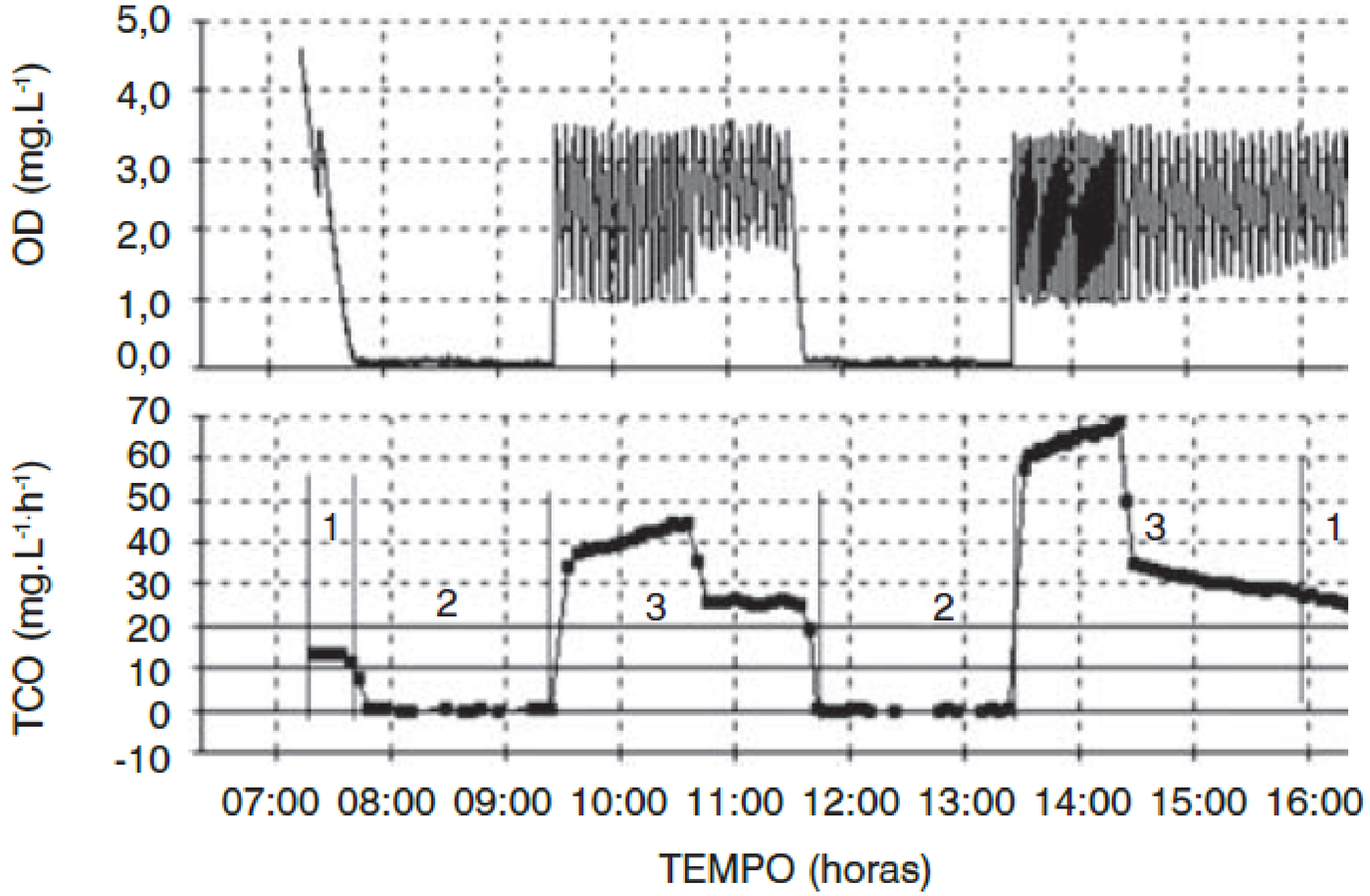
Respirometria da biomassa do Reator 3 (R3):

Foram realizados ensaios de liberação e assimilação de fósforo, utilizando a biomassa do Reator 3.

A alimentação do R3 em regime de bateladas ocorreu em duas etapas.

Levou-se em consideração a aplicação de duas fases anaeróbias seguidas de duas fases aeróbias.

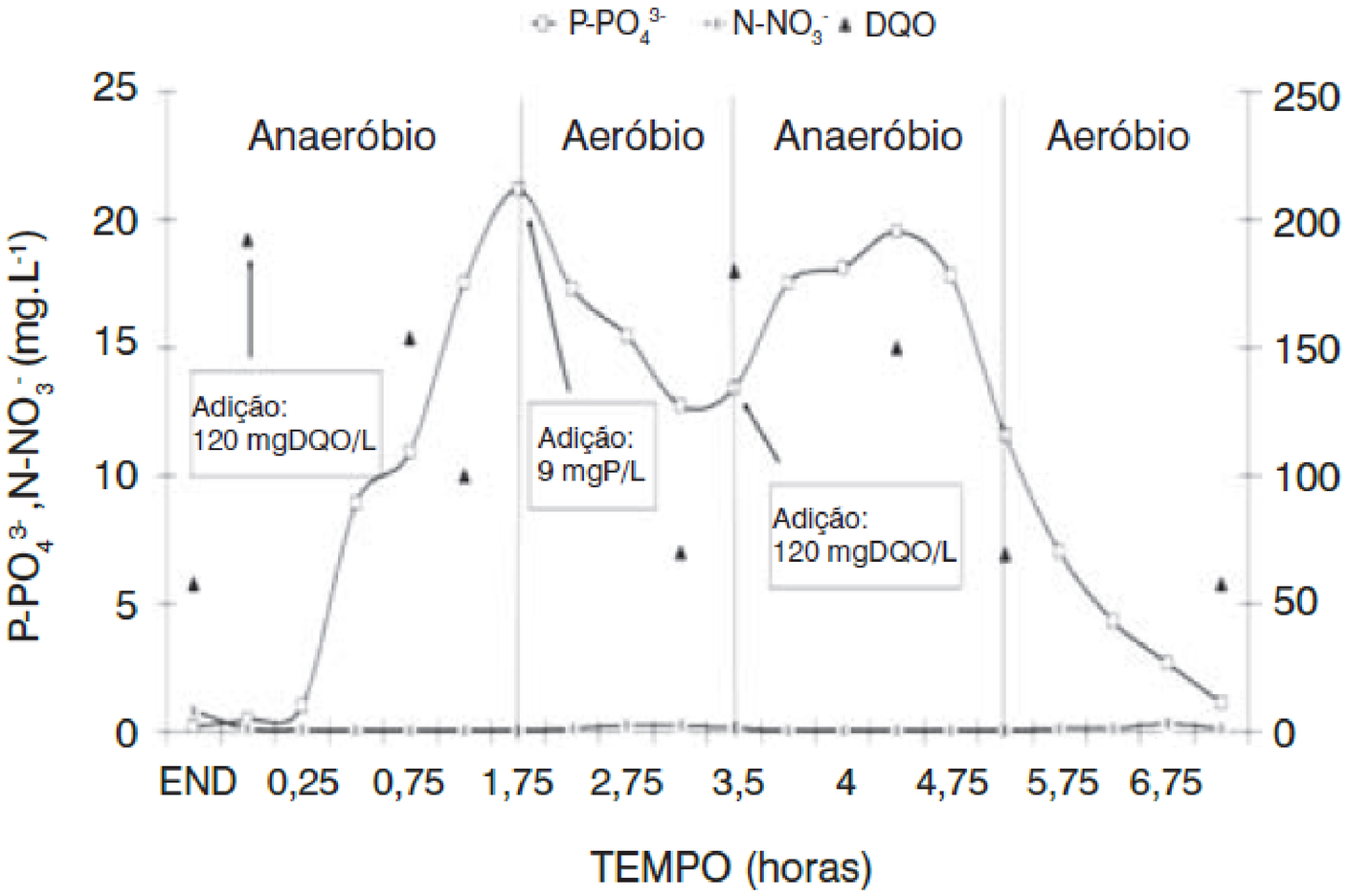
Figura: Perfil da concentração de oxigênio dissolvido e taxa de consumo de oxigênio por meio da respirometria



Fase 1: endógena
Fase 2: anaeróbia
Fase 3: aeróbia

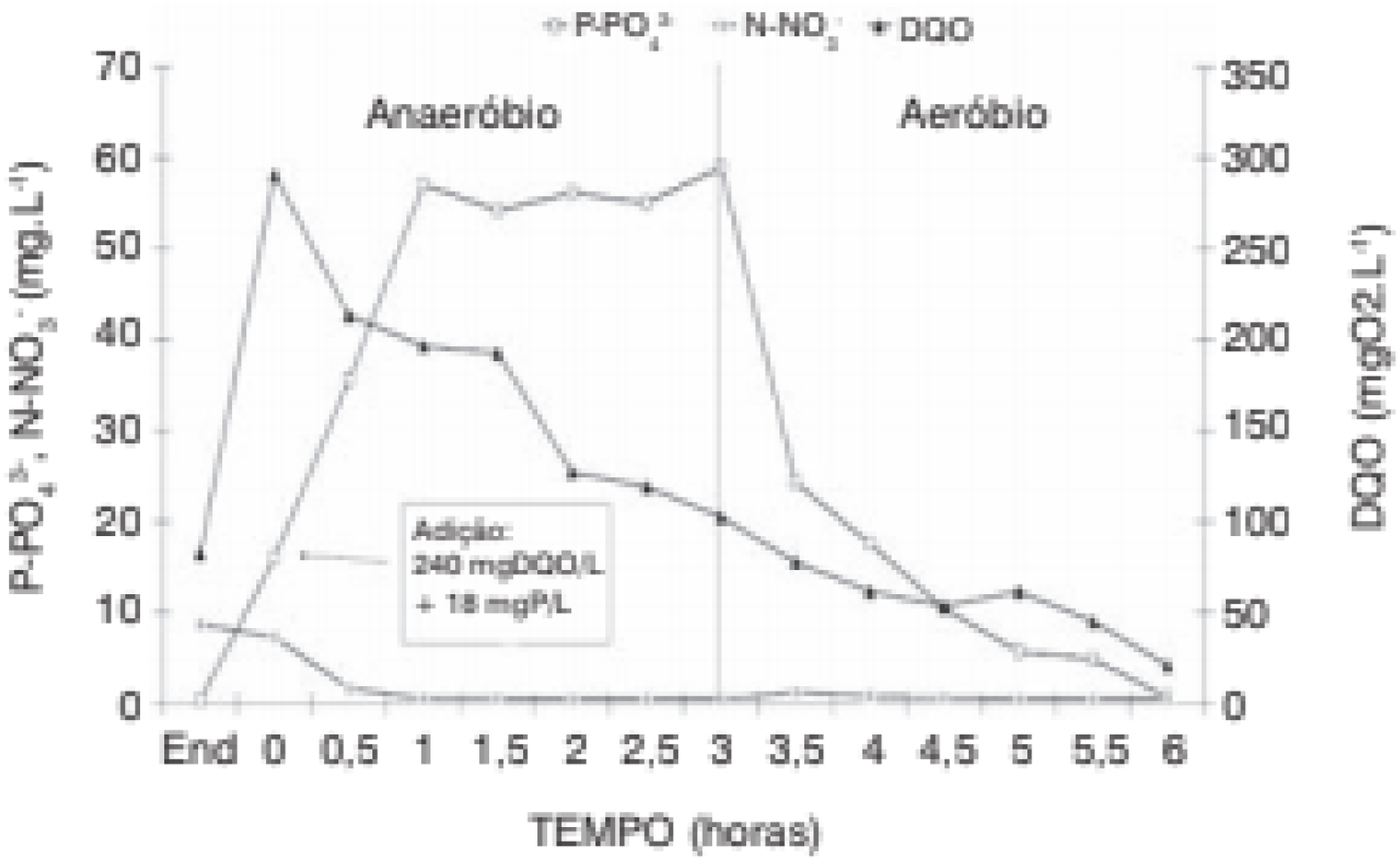
Fonte: Eng Sanit Ambient | v.15 n.2 | abr/jun 2010 | 197-204

Figura: perfil da concentração de P-PO43-, N-NO3- e demanda química de oxigênio das amostras coletadas durante o ensaio com a biomassa do R3, com adição de fósforo, no início da fase aeróbia.



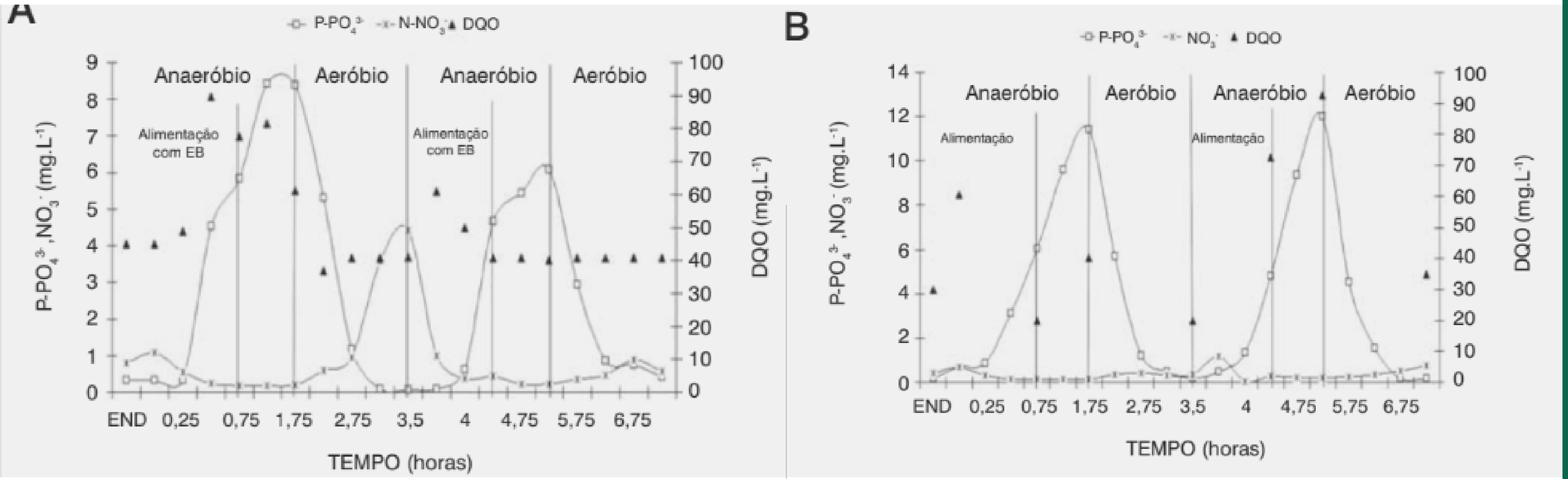
Fonte: Eng Sanit Ambient | v.15 n.2 | abr/jun 2010 | 197-204

Figura: perfil da concentração de DQO, nitrato e fósforo para o reator R1



Fonte: Eng Sanit Ambient | v.15 n.2 | abr/jun 2010 | 197-204

Perfil da concentração de fósforo, nitrogênio e DQO das amostras coletadas durante o monitoramento do sistema R2 (A) e R3 (B).



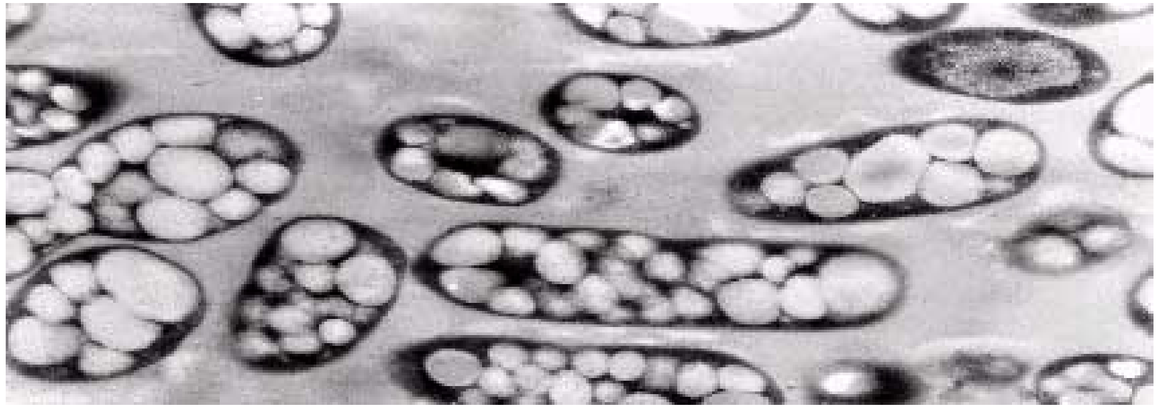
Conclusões do Estudo

- A baixa disponibilidade da DQOrb é o fator limitante da remoção biológica de fósforo no experimento.
- O sistema R2 monitorado com TRC de cinco dias apresentou os melhores resultados;
- Apesar disso não houveram diferenças significativas;

Reutilização dos resíduos da remoção

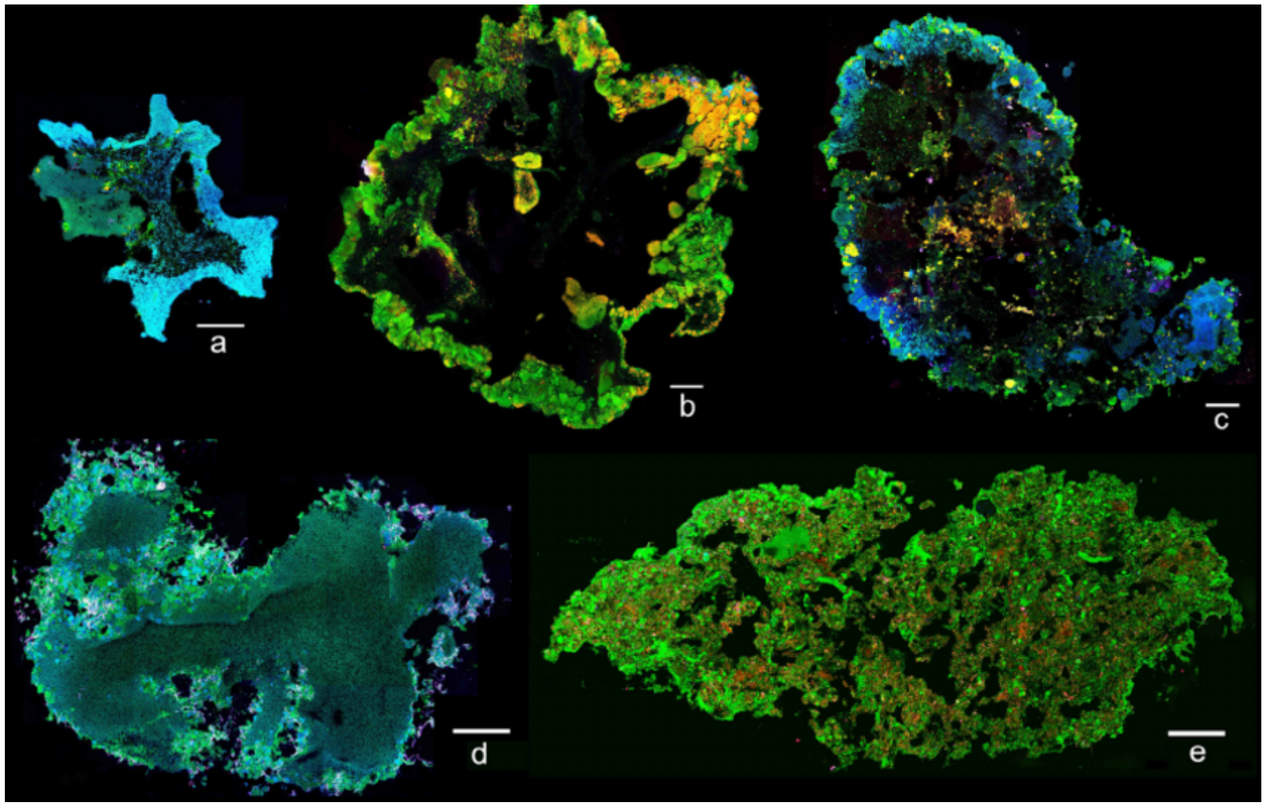
Uso para o PHA, PHB e PHV+

Os polímeros biodegradáveis são um dos produtos da remoção biológica de fósforo.



- Exemplos de reutilização dos polímeros

Produção de plástico Biodegradável

Conclusão

- A remoção de fósforo do esgoto é essencial para evitar a eutrofização de cursos d'água
- A combinação de fases aeróbias e anaeróbias se mostram mais eficientes
- É possível reutilizar os resíduos do processo