

Gerenciamento e Restauração Ambiental de Lagos, Rios e Reservatórios

Phoslock, a melhor solução para restauração de ambientes aquáticos poluídos (eutrofizados) e redução de algas tóxicas (cianobactérias)

NOVEMBRO DE 2007

Este documento descreve os mecanismos responsáveis pelo sucesso efetivo de Phoslock na redução de Fósforo Reativo Dissolvido (FRD) em corpos da água. Através da remoção de FRD, Phoslock é capaz de recuperar ambientes aquáticos eutrofizados e eliminar algas tóxicas. O produto pode ser utilizado tanto em ecossistemas de água doce quanto marinhos.

O que é Phoslock?

Phoslock é um produto natural, uma argila modificada, desenvolvido para reduzir significativamente a concentração de fósforo reativo dissolvido (FRD) presente na coluna da água, sedimento e camada intersticial de corpos da água. Phoslock foi desenvolvido pela CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation), na Austrália. O FRD é o principal nutriente para o crescimento de algas tóxicas como cianobactérias. A limitação deste nutriente impede a proliferação desordenada destas algas, evitando os danos causados por suas toxinas à organismos aquáticos, animais e humanos. O produto é comercializado em pacotes (25kg), podendo ser facilmente carregados em um barco a motor ou balsa com auxílio de empilhadeira. Uma vez carregado para aplicação, o produto é diluído na água do próprio lago e lançado homogeneamente sobre a superfície da água de acordo com a dose pré-estabelecida. Phoslock pode ser aplicado também das margens através de um sistema de dispersão (borrifador) ou até mesmo manualmente quando em pequenos corpos da água.

Como funciona?

Após a aplicação, durante a sedimentação do Phoslock através da coluna da água, mais de 95 % do FRD é rapidamente adsorvido formando um complexo insolúvel com a estrutura de argila modificada. Ao decantar na interface água-sedimento, forma-se uma camada de 1-3mm ao fundo. Esta camada de Phoslock é capaz de remover o FRD do sedimento, tamponando o fluxo de fósforo proveniente do sedimento. Uma vez que o FRD está adsorvido ao Phoslock, ele não está mais disponível para a assimilação e crescimento de algas. Desta forma, a falta de nutrientes na água tem impacto direto na proliferação das algas tóxicas. Uma tonelada de Phoslock é capaz de remover 34 kg de fosfato (PO₄), ou 11 kg de fósforo (P). Phoslock é funcional dentro de um amplo gradiente de pH ~4 a 11 e consegue remover fosfatos até mesmo sob condições anóxicas.



Benefícios de Phoslock

Rápida redução de FRD

Phoslock remove rapidamente o FRD do corpo da água. Aproximadamente > 90% do FRD pode ser adsorvido e removido dentro de 4 horas após aplicação. Os níveis de FRD podem ser reduzidos a <0,01 mg/L. Este nutriente é removido da água e de fontes internas como, sedimento, água intersticial, sedimento e de fontes biológicas, como degradação de algas mortas, excreção de organismos como aves, peixes, camarões, etc.

Redução significativa de cianobactérias (algas tóxicas)

Em qualquer corpo da água, Phoslock pode reduzir efetivamente a concentração de cianobactérias e manter a densidade destes organismos bastante baixa (0 - 400 células/ml) por mais de quatro meses após a aplicação. Isto possibilita que outras espécies de algas (benéficas) se restabeleçam, possibilitando a recuperação da estrutura trófica no ecossistema.

Seguro para o meio-ambiente

Durante o desenvolvimento de Phoslock, extensos testes laboratoriais foram realizados com várias espécies biondicadoras usando os critérios de toxicidade da EPA. A CSIRO, Centro Avançado de Química Analítica (Australia) realizou testes de toxicidade aguda e crônica numa variedade de espécies aquáticas. A produção recebeu a aprovação do NICNAS e do EPA na Austrália. Um extenso banco de dados ecotoxicológicos compilados destes órgãos ambientais está disponível para apreciação (www.phoslock.com.br).

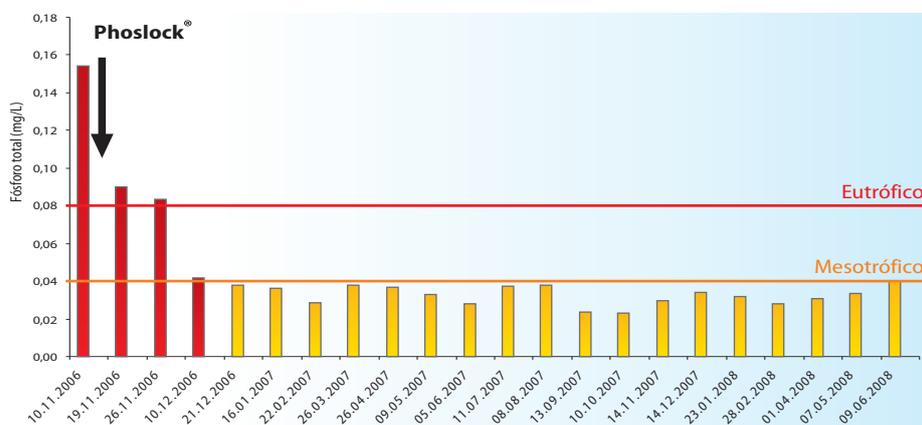


Figura 1: Em função da aplicação de Phoslock, o nível de fósforo total do Lago Silbersee (Alemanha) foi reduzido de 0,16 mg/L para 0,03 mg/L.



Figura 2: Concentração de células de cianobactérias/ml em um Reservatório de abastecimento público da Austrália (0 - 8 meses) antes e depois da aplicação de Phoslock (Agosto de 2006 a Julho de 2007).

Aspectos da eutrofização

Eutrofização é o aumento do processo natural da produção biológica em lagos, rios e reservatórios. Isto é causado pela elevação nos níveis de nutrientes como fósforo e nitrogênio. A eutrofização pode resultar no aumento visível de algas tóxicas como cianobactérias, proliferação de outras algas e infestação de plantas aquáticas flutuantes ou submersas. Concentrações de fósforo total abaixo de 0,1 mg/L são suficientes para causar o florescimento de cianobactérias. A degradação de matéria orgânica associada a respiração das algas pode ocasionar a depleção de oxigênio na água, o que por sua vez causa problemas

secundários, como mortandade de peixes e liberação de substâncias tóxicas ou fosfatos do fundo, anteriormente ligados ao sedimento quando este é oxigenado. A liberação de fósforo do sedimento acelera a eutrofização. Alguns lagos são naturalmente eutróficos, mas em muitos outros casos, a entrada excessiva de nutrientes é proveniente de (a) origem antropogênica, como despejo de efluentes domésticos; (b) efluentes industriais; (3) lixiviação e carreamento de fertilizantes ou estrume em áreas de agricultura. Este aumento na concentração de nutrientes degrada seriamente o ecossistema aquático e compromete o uso da água para abastecimento público, industrial, pesca, aquicultura e recreação.

Fósforo como nutriente limitante e suas implicações

Qualquer nutriente pode se tornar um nutriente limitante no ambiente aquático. Para algas, os nutrientes mais limitantes são (1) fósforo; (2) nitrogênio; e (3) certos metais.

(1) A remoção de nitrogênio é um processo de alto custo, com elevada demanda de energia, custo químico e dependente de infra-estrutura e equipamento especializados. Entretanto, certos microrganismos, incluindo cianobactérias tóxicas, são aptos a fixar oportunamente o nitrogênio atmosférico; (2) A remoção de metais pode perturbar a ecologia local, especialmente as condições para plantas aquáticas; (3) A limitação de fósforo é a forma mais prática de prevenir o crescimento de algas como cianobactérias tóxicas. A figura 4 ilustra o efeito do aumento do estado trófico sobre a população de algas em um corpo de água. Em um lago

oligotrófico saudável, é normal que diatomáceas e pequenas algas verdes estejam presentes. Porém, com o aumento do estado trófico, ocorre uma mudança na composição da população de algas. Nesta mudança, pequenas espécies de algas benignas são substituídas por algas verdes filamentosas e cianobactérias tóxicas. A presença de grandes florações de algas filamentosas ou cianobactérias indica que o corpo de água atingiu um estado hipereutrófico. No entanto, a limitação de FRD no sistema promove uma mudança positiva na população de algas, possibilitando que as algas benignas se restabeleçam. Com isto, a produtividade e o estado de trofia do ecossistema são reduzidos, permitindo a reorganização da cadeia trófica. Portanto, Phoslock, através da imobilização do FRD, proporciona uma solução permanente e sustentável para problemas de eutrofização.

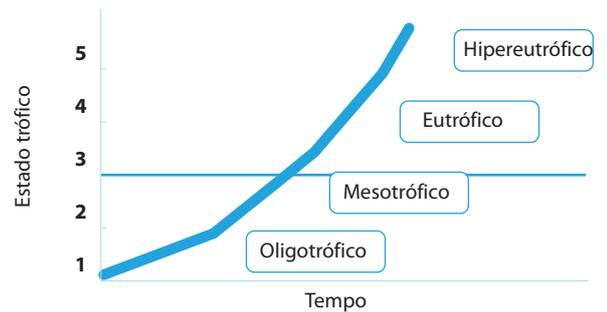


Figura 3: Efeitos do aumento na concentração de fósforo no estado trófico de um corpo de água.

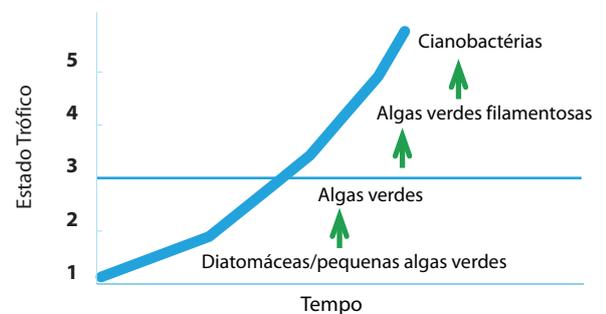


Figura 4: Efeitos da eutrofização na composição da população de algas em um corpo de água.

O que pode acontecer se não tratar a eutrofização e os problemas associados a proliferação de algas tóxicas?

Opções Comuns de Remediação

Tratamento biológico

(ex. remoção biológica de nutrientes)

- É apenas aplicável para fontes pontuais de poluição

Denitrificação

- A remoção de nitrogênio (N) implica custos elevados;
- Demanda elevado consumo energético (custos químicos) & equipamentos;
- O nitrogênio é refixado oportunamente por microrganismos, principalmente por espécies comuns de cianobactérias tóxicas.

Remoção Química

- Não aplicável para baixos níveis de fósforo & ambientes naturais;
- Instáveis, passíveis de re-mobilização sob certas condições ambientais;
- Al & Fe são instáveis sob pequenas variações de pH e formam lodo;
- Algicidas tanto químicos quanto biológicos são insustentáveis e agregam alto risco de impacto ambiental.

Medidas Mecânicas

- Aeração demanda alto custo energético;
- Remoção da camada hipolimnética (zona profunda) do corpo de água, rica em nutrientes, é insustentável.

Consequências devido à falta de tratamento

Florescimento de cianobactérias

- Liberação de toxinas;
- Distúrbios ecológicos;
- Impacto do aumento de perífiton sobre macrófitas aquáticas;
- Estresse de oxigênio com alterações no pH.

Distúrbios Ecológicos

- A mudança de um estado oligotrófico para eutrófico promove alteração do cascadeamento de interações tróficas, podendo levar a extinção de espécies nativas no ecossistema e estabelecimento de espécies invasoras (exóticas).

Risco microbiológico

- Aumento do biofilme e bactérias patogênicas.

Efeitos físico-químicos

- Sabor/ odor na água
- Corrosão de estruturas e revestimentos hidráulicos

Risco Biológico e Humano

- Intoxicação e mortandade de organismos aquáticos por cianotoxinas;
- Efeitos de cianotoxinas no homem por contato e ingestão- dermatites, câncer de fígado e morte por paralisia respiratória/cardíaca em poucos minutos ou horas (dependente do volume ingerido e/ou tempo de contato).

Características do Phoslock

Seqüestro de FRD da coluna da água e do sedimento

Os trabalhos desenvolvidos pela Phoslock têm demonstrado que os efeitos da aplicação se mantêm estáveis por longos períodos; a camada de Phoslock acumulada no fundo do sistema permanece ativa. Isto assegura que futuras cargas de FRD possam ser também adsorvidas (Figura 5) nos sítios de ligação disponíveis. Com base no histórico observado de cargas recebidas pelo sistema, pode-se estimar aplicações de Phoslock para controlar situações esperadas, impactos eminentes ou ainda como garantia para controle de eutrofização em cenários pessimistas.

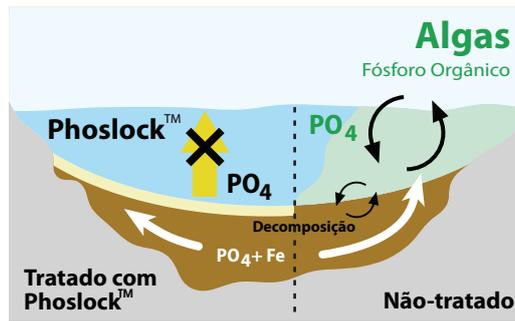


Figura 5: O diagrama demonstra como Phoslock remove continuamente o FRD da coluna da água e da água proveniente do sedimento mesmo após a aplicação.

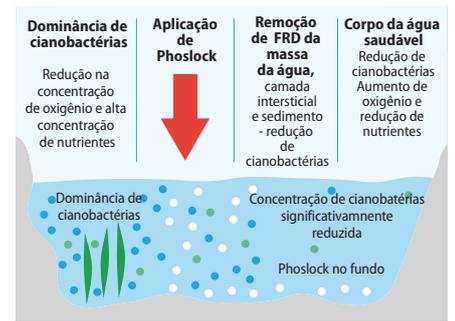


Figura 6: Efeito da eutrofização na concentração de algas

Removendo FRD oriundo da bacia de drenagem

Um aporte significativo de FRD pode ser originário da bacia de contribuição dos corpos da água (dependendo da formação geomorfológica da área). A água que escoar da bacia de drenagem pode conter concentrações altas de P que são lixiviadas durante eventos de chuva. Estes aportes externos (alóctones) de FRD e internos, oriundos do sedimento, são os principais focos de projetos de restauração de ecossistemas aquáticos (Figura 7).

Phoslock pode ser usado para tratar influxos d'água (dependendo da vazão) antes que entrem em um lago ou reservatório. Ou pode ser usado como uma ferramenta de manejo para que a concentração de FRD seja controlada tendo em vista futuros aportes de fosfatos lixiviados da bacia de drenagem.

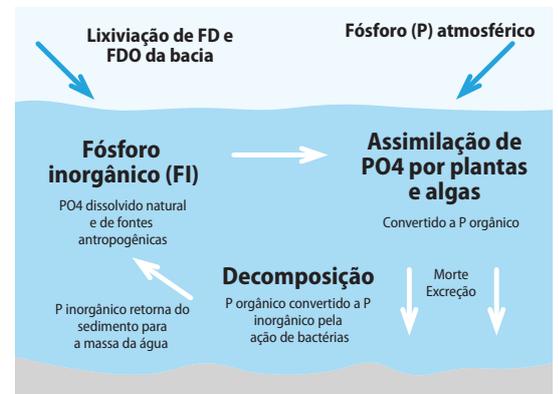


Figura 7: Diagrama demonstrando as possíveis entradas de fósforo (P) em um corpo da água

Manipulando a razão N:P - alterações na composição de algas em função da proliferação de cianobactérias

A interpretação dos dados antes e depois da aplicação de Phoslock em reservatórios e lagos pode demonstrar uma tendência comum, que a redução de cianobactérias ocorre devido a alteração na razão Nitrogênio:Fósforo (N:P) através do efeito de Phoslock. Isto ocorre porque as frações de FRD presentes na coluna da água e contidas no sedimento são adsorvidas ou tidas

como "imobilizadas" por Phoslock. A alteração na razão de N:P é o que torna a condição limitante para o crescimento e proliferação de cianobactérias (Figura 8). Assim, a aplicação de Phoslock provoca a redução na concentração de cianobactérias, pelo fato de o P se tornar o nutriente limitante, fazendo com que a densidade destes organismos atinja e se mantenha abaixo dos limites permitidos.

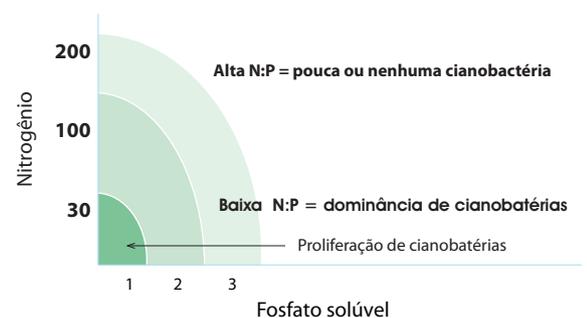


Figura 8: Diagrama esquemático mostrando a relação entre cianobactérias e a razão total de N:P.

Phoslock e outras estratégias para manejo de reservatórios

Phoslock pode ser usado em conjunto com outros métodos de manejo para reverter processos de eutrofização e evitar florações de algas tóxicas. Outras estratégias comuns para a restauração e preservação de lagos, rios e reservatórios são:

- Redução do aporte de nutrientes oriundo de fontes pontuais e difusas;
- Remoção de sedimentos contaminados;
- Aeração;
- Precipitação de fosfatos.

Como Phoslock melhora a qualidade do ambiente

Outras opções para o controle de eutrofização incluem métodos de controle/contenção de cargas da bacia de drenagem. A adoção destes métodos pode ser uma alternativa viável, porém é comum que demore mais de 5 anos para serem implementadas. Além disso, estes métodos tendem a ter custo elevado e, geralmente, os resultados somente são evidenciados após 10-40 anos, às vezes mais. O controle de fontes pontuais e difusas são outra opção, mas há desvantagens associadas a estes métodos. A dragagem de sedimentos do fundo é um processo bastante caro e altamente perturbador e não remove os nutrientes solúveis. O destino do sedimento

retirado (dragado) também é um problema secundário, pois seu despejo é restrito e deve ser regulado pelas autoridades ambientais. Banhados construídos proporcionam uma solução apenas fugaz, pois os nutrientes podem ser remobilizados a não ser que haja uma remoção regular, uma vez que a reciclagem interna de nutrientes é frequentemente a principal fonte de fósforo. Diante das alternativas apresentadas, Phoslock é o único método capaz de recuperar o equilíbrio de ecossistemas aquáticos, com a remoção rápida e eficiente da principal fonte de nutriente, sem prejudicar o meio ambiente (Figura 9).

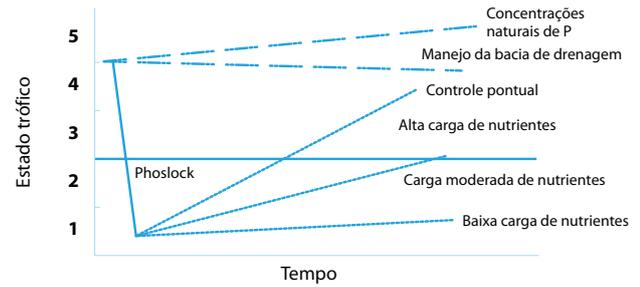


Figura 9: Uma aplicação de Phoslock restaura o equilíbrio ecológico do ambiente, devolvendo condições oligotróficas

Aplicações de Phoslock

Desde o início da produção em escala comercial, Phoslock foi aplicado em mais de 100 grandes corpos de água. Até o momento desta publicação, a quantidade de Phoslock aplicada em ecossistemas foi aproximadamente 800 toneladas em 20 países. As aplicações podem ser feitas em doses específicas dependendo do local da aplicação, severidade do problema, clima e disponibilidade orçamentária.

Aplicação em dose única

Phoslock pode ser adicionado a um corpo de água em uma única e grande aplicação. Este tipo de tratamento é benéfico em situações nas quais a concentração de FRD está acima das diretrizes governamentais permitidas ou quando há um alerta de risco emergencial à saúde humana ou ambiental em função da proliferação de cianobactérias e depleção dos níveis de oxigênio no sistema. Os resultados obtidos com a aplicação de uma única dose são imediatos e mais evidentes do que os obtidos através de várias pequenas aplicações (Figura 10).

A dose para uma única aplicação é calculada em função da concentração de fósforo e balanço de massas do sistema a ser tratado. Este cálculo pode se basear nas fontes de fósforo da (1) coluna da água; (2) água intersticial, no sedimento; (3) influxo de água da bacia de drenagem ou lençol freático; (4) mineralização - ciclagem biogeoquímica de P (biomassa de plantas, algas, organismos aquáticos, etc); e atmosfera (Figura 7).

Múltiplas doses

O potencial de Phoslock como uma ferramenta de manejo através da remoção de FRD (PO4-P) pode ser usado por meio de aplicações pequenas divididas em etapas por períodos de 3-6 anos (Figura 11). Embora o resultado não seja tão imediato quanto o obtido com grandes doses, esta opção de tratamento oferece algumas vantagens, como: (1) custo (pois a aplicação total pode ser parcelada em várias vezes); (2) aplicações mais práticas e fáceis; (3) longa duração de manejo e monitoramento; (4) estratégia flexível quando necessário contornar variações climáticas ou aporte de nutrientes previstos.

Estratégia de manejo com doses pequenas

A concentração de FRD pode ser reduzida em 66% no primeiro ano, 80% no segundo ano e 100% no terceiro ano (Figura 11). Quantidades pequenas de FRD irão permanecer por 2-3 anos e a atividade das algas não irá desaparecer completamente. Entretanto, a redução na concentração de P assegura a redução da atividade de cianobactérias, possibilitando que algas verdes e diatomáceas benignas se restabeleçam, aumentando a complexidade de interações tróficas e consequentemente o grau de resiliência (equilíbrio) do ecossistema. Para a manutenção do tratamento com Phoslock é necessário que haja uma quantidade suficiente do produto junto ao sedimento, interface com a coluna da água, minimizando a liberação de fósforo do sedimento e com sítios de complexação ainda disponíveis para o seqüestro de FRD da coluna da água.

Corpos de água altamente eutróficos contêm grandes reservas de P no sedimento e tendem a continuar liberando fosfatos por muitos anos. Para ambientes que possuem concentrações elevadas de FRD ou lagos e reservatórios profundos, sugere-se a aplicação de doses maiores ou grandes doses anuais até que ocorra uma redução aceitável de FRD. Entretanto, concentrações elevadas de FRD de fontes externas como despejos de esgotos, cargas de bacias e fertilizantes que o corpo de água venha a receber irão certamente influenciar a manutenção do tratamento. Nestes casos, devem ser tomadas medidas de controle como eventuais aplicações de Phoslock tendo em vista futuros aportes de P. Estas medidas permitirão a sustentabilidade do tratamento e equilíbrio do sistema.

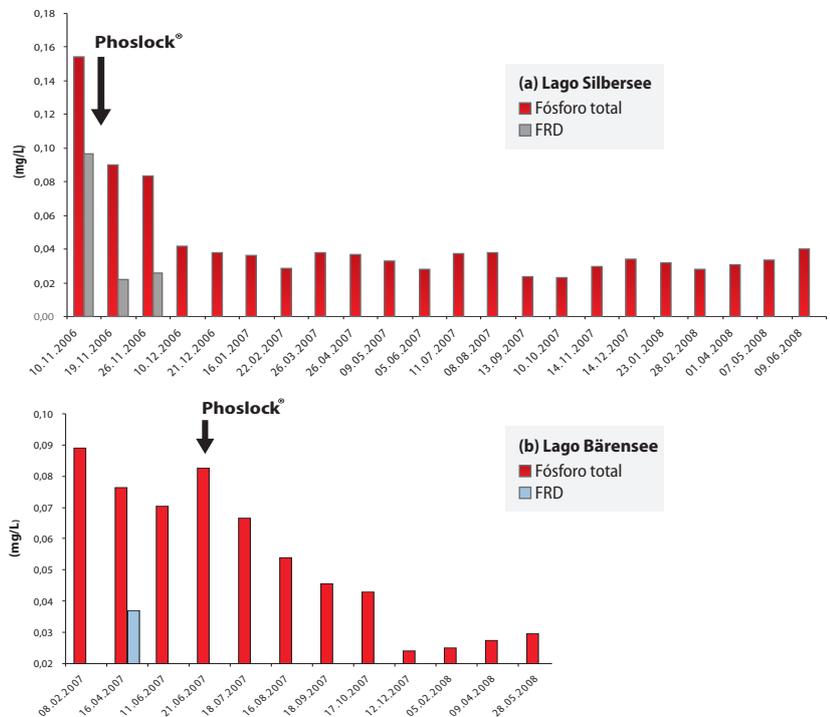


Figura 10: Após a aplicação de Phoslock nos lagos (a) Silbersee e (b) Bärensee (Alemanha), os níveis de P total e FRD foram reduzidos significativamente e se mantiveram constantes durante o período de monitoramento (> 4 meses após aplicação).

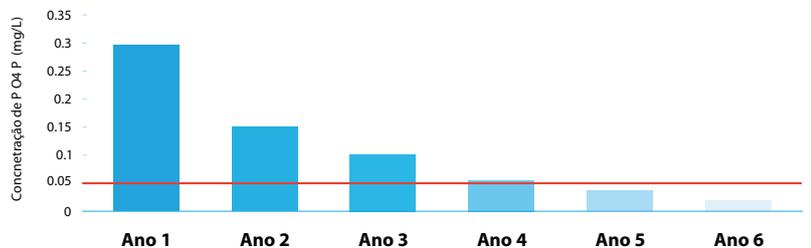


Figura 11: Gráfico conceitual da redução de FRD pela aplicação de doses moderadas de Phoslock ao longo do tempo.

Stymmulab Ltda.

Representante Exclusivo da Phoslock Water Solutions Ltd. no Brasil
Porto Alegre, RS.

Tel: + 55 51 93640138

Fax: +55 51 32242946

Email: contato@phoslock.com.br

www.phoslock.com.br

PHOSLOCK
Phoslock Water Solutions Ltd.
ABN 88 099 555 290