

**METODOLOGIA PARA VALORAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DE
SERVIÇOS DE DRAGAGEM - ESTUDO DE CASO PARA A
HIDROVIA DO RIO PARAGUAI**

Flávia Aline Waydzik¹
Eduardo Ratton²
Durval Nascimento Neto³
Renata Correia⁴



RESUMO

Visando o crescimento do transporte de cargas e passageiros por hidrovias, devido ao baixo custo do modal hidroviário, entende-se como necessária a análise e valoração dos impactos ambientais decorrentes desta atividade. Portanto, propõem-se uma metodologia de valoração para a homogeneização das análises de impactos ambientais para serviços de manutenção hidroviária, seja de dragagem, de derrocamento ou de outras melhorias, bem como para a implantação de terminais portuários, tanto marítimos como de hidrovias interiores. Como exemplo de aplicação, apresenta-se o estudo de caso do rio Paraguai, contemplando os serviços de dragagem da Hidrovia do rio Paraguai, no âmbito do Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA) da Hidrovia do rio Paraguai, realizado pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), por meio do Instituto Tecnológico de Transportes e Infraestrutura (ITTI) em parceria com o DNIT- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

Palavras chave: Valoração. Impactos ambientais. Dragagem. Hidrovias interiores.

¹Engenheira civil/Universidade Federal do Paraná (UFPR) – flaviaaw@hotmail.com

²Engenheiro civil/Universidade Federal do Paraná (UFPR); Mestre em Geotecnia e Dr. em Geotecnia/Université Libre de Bruxelles (ULB); Pós Doutor/Universität-Bonn (UNI-BONN) – ratton.eduardo@gmail.com

³Biólogo/Pontifícia Universidade Católica (PUC-PR); Mestre em Agronomia e Doutorando em Geologia/Universidade Federal do Paraná (UFPR) – dnnambiental@gmail.com

⁴Engenheira ambiental; Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental/UFPR – renatabcorr@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

A medida que aumentam as preocupações com o meio ambiente, tornam-se cada vez mais rigorosos os Estudos de Impactos Ambientais, necessários para se obterem as licenças ambientais para a execução de um serviço ou de construção de um empreendimento. Os estudos ambientais devem obedecer algumas diretrizes, entre outras: I) Contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização do projeto; II) Identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade; III) Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos ambientais, denominada de área de influência do projeto; IV) Considerar os planos e programas governamentais propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade com estes.

Em 1981, a Lei 6.938 de 31 de agosto definiu a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), com o objetivo de preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental. Esta mesma lei estabeleceu a criação do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), sendo este último o único poder de legislar sobre o tema.

O CONAMA é o órgão consultivo e deliberativo que assessora, estuda e propõe ao Conselho de Governo diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais e delibera, no âmbito de sua competência, sobre normas e padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida. Dessa forma, publicou em 1986, a Resolução nº 01 (CONAMA, 1986) que submete o Licenciamento Ambiental de empreendimentos poluidores, por entidades públicas e privadas, à elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA); estabelecendo definições, responsabilidades e diretrizes para a exigência das avaliações de impactos ambientais.

Em relação ao transporte de cargas oceânico ou em hidrovias interiores, ocorrem impactos ambientais pertinentes à execução das obras portuárias, bem como à operação da via navegável. De acordo com a NBR ISO 14001:2004, “impacto ambiental” se traduz como: “qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização”. Já no Artigo 1º da resolução CONAMA 01/86, considera-se como impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente.

Os possíveis impactos ambientais da atividade portuária são decorrentes da execução de obras de atracação, de serviços de dragagens de berços e canais de acesso, de derrocamentos, de infraestruturas de armazenagem, de acessos terrestres, entre outros. Para as operações de manuseio, transporte e armazenagem de cargas, bem como dos serviços de manutenção da infraestrutura, do abastecimento e reparo de embarcações, podem, quando realizados de forma inadequada, gerar impactos ambientais negativos como, por exemplo, a geração de resíduos sólidos e líquidos, a poluição do ar, da água, do solo e do subsolo, entre outros.

Perante o exposto, este artigo objetiva apresentar uma metodologia para a avaliação de impactos ambientais decorrentes da realização de melhoramentos das vias navegáveis.

2 METODOLOGIA

O surgimento da Matriz de Avaliação de Impactos ocorreu nos anos 70, sendo também conhecida como matrizes de Leopold, desenvolvida pelo Serviço Geológico do Ministério do Interior dos Estados Unidos. Essa teoria permite simular vários cenários, relacionando as ações propostas para a implantação de empreendimentos com os diversos fatores ambientais afetados em cada alternativa (Leopold et al., 1971). Apesar de o método permitir que o empreendedor avalie e defina os programas de monitoramento, por possuir uma análise quali-quantitativa, ele apresenta desvantagem em não considerar a temporalidade e a espacialidade dos impactos.

Demais métodos foram surgindo, como por exemplo: método da interação de redes (Network); método de análise ambiental integrada (Método de Overlay Mapping); método de simulação e o método das redes neurais (Método Fuzzy).

Para a valoração dos impactos e a elaboração da Matriz de Valoração dos impactos para os serviços de dragagens, utilizou-se a Metodologia de Valoração de Impactos Ambientais proposta pela UFPR-ITTI/DNIT-CGMAB (PIMENTA *et al.*, 2014) a qual considera parâmetros de valoração oriundos do Decreto 6848/2009, que estabelece a significância dos impactos, associados à probabilidade de ocorrência de cada impacto, sendo:

$$\text{Impacto} = \left(\sum \text{Significância} \right) \times \text{Probabilidade de ocorrência}$$

Onde:

$$\sum \text{Significância} = \text{Temporalidade} + \text{Reversibilidade} + \text{Magnitude} + \text{Abrangência}$$

A metodologia utilizada permite valorar os diversos impactos qualitativamente, de forma que, ao final, seja possível efetuar uma avaliação comparativa entre os valores dos impactos ambientais positivos e negativos, facilitando a conclusão sobre a viabilidade ambiental da atividade analisada.

O método em questão propõe a seguinte escala de avaliação dos **graus de impacto** de uma atividade ou empreendimento:

- Baixo = valores entre 4 e 14;
- Moderado = entre 15 e 28;
- Forte = entre 29 e 42.

Assim, os impactos identificados devem ser caracterizados pelos seguintes atributos:

Natureza: Positivo, quando resultar em melhoria da qualidade ambiental e negativo quando resultar em danos ou perturbação em algum componente ambiental;

Localização: Posição espacial da ocorrência do impacto, podendo este ocorrer na ADA- Área Diretamente Afetada, na AID – Área de Influência Direta ou na AII – Área de Influência Indireta;

Temporalidade: Refere-se à persistência dos impactos no meio ambiente, podendo ser: imediata até 05 anos após a instalação do empreendimento (valorado com a nota 01); curta que ocorre entre 05 e 15 anos (valorado com a nota 02); média de 15 a 30 anos (valorado com a nota 03); e longa quando sua permanência excede aos 30 anos (valorado com a nota 04), conforme o Decreto nº 6848/2009;

Reversibilidade: Reversível, quando pode ser objeto de ações que restaurem o equilíbrio ambiental próximo ao pré-existente à intervenção (valorado com a nota 01); ou irreversível quando a alteração causada ao meio não pode ser revertida por ações/intervenção (valorado com a nota 03);

Magnitude: Indica a intensidade do impacto em face de um determinado fator ambiental ou área de ocorrência, considerando os graus de intensidade, duração e importância do impacto, sendo classificada de modo qualitativo em: pequena (valorado com a nota 01), média (valorado com a nota 02) e grande (valorado com a nota 03);

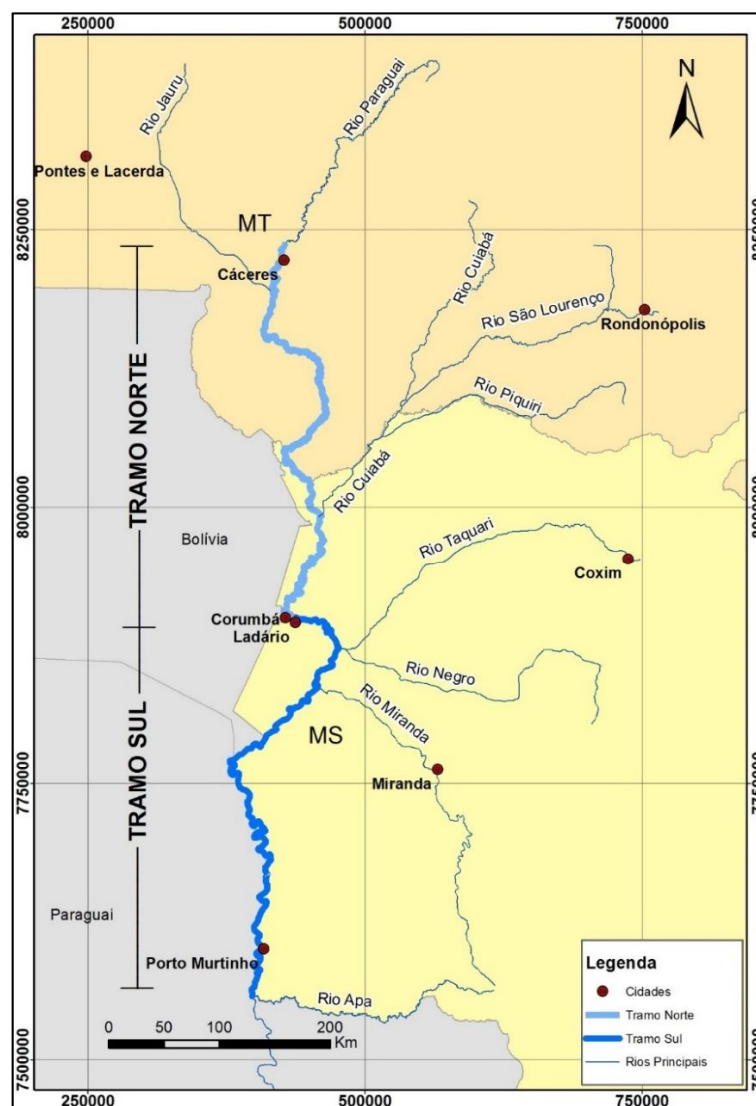
Abrangência: Em conformidade com o Decreto nº 6848/2009 deve ser avaliada a extensão espacial dos impactos sobre os recursos ambientais, sendo classificados em: limitados a uma micro bacia (nota 01), ou que ultrapassam a área de uma micro bacia mas limitados à área de uma bacia de 3ª ordem (nota 02), ou os que ultrapassam a área de uma bacia de 3ª ordem mas em área inferior a uma bacia de 1ª ordem (nota 03), ou aqueles que ultrapassam a área de uma bacia de 1ª ordem (nota 04);

Probabilidade de Ocorrência: É a possibilidade de o evento ocorrer, podendo ser de baixa probabilidade (valorado com a nota 01); média probabilidade (valorado com a nota 02); e alta probabilidade (valorado com a nota 03).

3 ESTUDO DE CASO – HIDROVIA DO RIO PARAGUAI

A Hidrovia do rio Paraguai possui 3.442 km de extensão, os quais são divididos em quatro trechos em função das condições de navegação. No âmbito do Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA) da Hidrovia do rio Paraguai, realizado pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), por meio do Instituto Tecnológico de Transportes e Infraestrutura (ITTI), foram estudados aspectos técnicos, econômicos, financeiros, ambientais e logísticos inerentes à melhoria da operação hidroviária. O EVTEA estudou o trecho brasileiro da Hidrovia, de 1.270km de extensão, compreendido entre a cidade de Cáceres (MT) e a foz do rio Apa (MS), definidos como tramo norte e tramo sul. A Figura 1 apresenta a localização da área de estudo.

Figura 1 – Localização da Hidrovia do Rio Paraguai na América do Sul.



Para a avaliação dos impactos ambientais é importante lembrar que as intervenções propostas visaram a melhoria das condições de navegabilidade e de redução do risco de acidentes, decorrentes da navegação no Rio Paraguai, no caso, a dragagem dos trechos com profundidades inferiores às mínimas necessárias.

A identificação dos impactos ambientais considera as seguintes etapas fundamentais:

- A identificação das atividades geradoras de impactos;
- A determinação dos componentes ambientais impactados
- A descrição dos impactos ambientais relacionados ao serviço ou ao empreendimento;
- A avaliação da significância e da probabilidade de ocorrência dos impactos identificados.

3.1 Identificação dos fatores geradores de impactos

A identificação dos fatores geradores de impactos abrangeu, no estudo de caso em questão, os serviços de dragagem.

Para os serviços de dragagem, foram consideradas as seguintes operações básicas:

- A dragagem propriamente dita, que consiste na retirada de sedimentos do leito do rio, mais especificamente do canal de navegação;
- O transporte e a disposição do material dragado, realizados através de tubulação de recalque, que conduz estes sedimentos até os locais mais apropriados para sua disposição, chamados de bota-foras.

A implantação ou a realização de serviços desta natureza implica em algumas intervenções nos meios físico, biótico e socioeconômico, correspondendo à execução de intervenções físicas necessárias (dragagens) para recuperar a profundidade mínima e a largura do canal de navegação para se garantir a navegação segura. As intervenções previstas consideraram dois momentos: as atividades preparatórias para a dragagem e a dragagem propriamente dita.

Para tal, foram identificadas as seguintes atividades potencialmente impactantes:

- Contratação e mobilização de mão-de-obra;
- Mobilização de equipamentos e embarcações;
- Dragagem do canal através da retirada de sedimentos;
- Disposição do material dragado;
- Manutenção dos equipamentos e embarcações utilizadas;
- Desmobilização de equipamentos e embarcações;
- Desmobilização da mão-de-obra utilizada.

3.2 Identificação dos Componentes Ambientais afetados

Os componentes ambientais sobre os quais poderão ocorrer impactos são apresentados a seguir. Salienta-se que poderá haver impactos que atingem mais de um componente. Os aspectos ambientais relacionados a seguir podem ser afetados pelas atividades de dragagem.

Qualidade do ar e ruídos: Durante a execução dos serviços de dragagem e ao longo da operação da Hidrovia, deverá ocorrer um aumento da emissão de gases de combustão, decorrentes da movimentação de embarcações e da operação dos equipamentos.

Deverá também ocorrer um aumento nos níveis de emissões sonoras, decorrentes da movimentação de embarcações e mesmo durante as operações de dragagem.

Hidrodinâmica: As dragagens pontuais do canal de navegação não devem acarretar alterações das condições hidrodinâmicas, nem mesmo influenciar os processos de erosão e assoreamento, pois estes processos são naturais e já ocorrem em escala muito maior. O aumento da navegação deverá inclusive auxiliar à manutenção das profundidades do canal de navegação, pois a passagem das embarcações minimiza o acúmulo de sedimentos no canal.

Qualidade e características da água: As intervenções de dragagem previstas poderão ocasionar aumento momentâneo e localizado da turbidez das águas, devendo esta alteração cessar em pouco tempo. O aumento da navegação e

das operações dos terminais hidroviários apresentam riscos de poluição das águas por óleos e graxas e outras modificações físico-químicas, porém, vinculadas a uma baixa probabilidade de ocorrência.

Biota aquática: As operações de dragagem a serem pontualmente realizadas poderão interferir, momentaneamente, nos habitats de peixes, macrófitas aquáticas e, principalmente, de organismos bentônicos. A operação da Hidrovia não deve causar interferência significativa na biota aquática, exceto na eventual ocorrência de algum acidente com cargas perigosas, cuja probabilidade de ocorrência é muito reduzida.

Organismos de interesse para a pesca: As dragagens previstas poderão ocasionar interferências pontuais no deslocamento e alimentação de peixes, as quais podem interferir ou não nas atividades de pesca comercial e amadora. No entanto, as autorizações e licenças de dragagem na Hidrovia sempre condicionam a preservação e a proibição da realização de tais serviços durante o período de defeso (início de novembro a fim de fevereiro).

Emprego e renda: Na fase de operação, o aumento das atividades de navegação no canal e nos terminais terá consequências diretas e indiretas sobre o nível de emprego. Uma vez que mais empregos diretos poderão ser criados, haverá maior demanda por serviços de transporte de carga, etc., com possível aumento dos níveis de renda e melhoria da qualidade de vida na região.

Infraestrutura de transportes: A melhoria nas condições de navegabilidade do rio Paraguai poderá gerar incremento da utilização da infraestrutura de transporte terrestre para o abastecimento dos terminais, uma vez que se espera por uma maior utilização da Hidrovia para o transporte de cargas em geral. Também decorrente da maior competitividade do modal hidroviário, o uso das infraestruturas de transporte rodoviário e ferroviário será reduzido, reduzindo a ocorrência de acidentes e os custos de manutenção.

Economia regional e finanças públicas: A melhoria e intensificação das atividades do transporte hidroviário na região, poderão determinar o aumento de renda, emprego e arrecadações de impostos diversos, gerando um incremento na economia regional e nas finanças públicas.

3.3 Impactos Ambientais identificados

Os impactos ambientais positivos e/ou negativos, que podem ocorrer na fase de execução dos serviços de dragagem são os seguintes:

- Alteração da qualidade do ar;
- Alteração dos níveis de ruído;
- Alteração da qualidade da água (ressuspensão de sedimentos);
- Alteração da qualidade da água (acidentes com derramamentos de óleos e graxas);
- Alteração de habitats da fauna aquática;
- Dispersão da biota aquática;
- Exposição da biota aquática ao derramamento de óleos e graxas;
- Exposição dos organismos da coluna d'água ao material dragado e aos sedimentos ressuspensos;
- Aumento da oferta de emprego;
- Redução temporária da pesca profissional, esportiva e artesanal;
- Interferência no tráfego hidroviário;

- Melhoria da capacidade hidroviária na região;
- Melhoria das condições de segurança da navegação;
- Qualificação de mão de obra na atividade hidroviária.

3.4.1 Avaliação de Impactos dos Serviços de dragagem sobre o Meio físico

a) Alteração da qualidade do ar: Para as atividades de dragagem serão utilizadas máquinas, equipamentos e embarcações cujas emissões de gases se assemelham às das embarcações que já circulam pela Hidrovia. Sua significância na área onde se insere é baixa em função do ambiente bastante disperso (aberto), além de o volume estar somente relacionado aos motores de uma embarcação e de uma draga, bem como o local da atividade se restringe ao canal de navegação.

Durante a fase de operação da Hidrovia, as emissões de gases dos empurradores, das balizas e dos propulsores possuem efeito local e são de baixa intensidade (em função do ambiente bastante disperso), contudo, estão instalados ao longo de toda a extensão da Hidrovia e sua ocorrência se dá enquanto houver a operação hidroviária.

Sendo assim, para as atividades de dragagem, este impacto é considerado *negativo*, localizado na *Área Diretamente Afetada (ADA)*, com temporalidade *imediate*, *reversível* (por cessar na ausência dos serviços de dragagem) e, dadas as condições, de *pequena magnitude* e *abrangência equivalente ao espaço de uma microbacia*, porém com *alta probabilidade de ocorrência*. De acordo com a equação (1), sua classificação enquadra-se na categoria de “FRACO”.

b) Alteração dos níveis de ruído: A geração de ruídos devido aos serviços de dragagem, dado que se trata de uma área hidroviária, não são esperados impactos significativos, podendo ser citado o afugentamento da fauna, de forma localizada, nas proximidades das margens. Assim, este impacto se restringe ao local dos serviços de dragagem e é considerado de natureza *negativa*, localizado na *Área Diretamente Afetada (ADA)*, com temporalidade *imediate*, *reversível* (por cessar com o término da dragagem) e, dadas as condições, de *pequena magnitude* e *abrangência equivalente ao espaço de uma microbacia*, com *alta probabilidade de ocorrência*, classificando-o como “FRACO”.

As alterações nos níveis de ruídos deverão ser monitoradas durante a execução dos serviços através do Programa de Segurança e Controle Ambiental das Obras da Dragagem.

c) Alteração da qualidade da água (ressuspensão de sedimentos): O processo de dragagem promove a ressuspensão de sedimentos, a qual implica em mudanças nos parâmetros físicos e químicos da água, podendo alterar a sua qualidade. A quantidade de material suspenso dependerá da técnica e da duração do processo de dragagem, da granulometria do material de fundo, do volume, da profundidade da coluna d'água e da velocidade das correntes.

Pode-se dizer que se trata de um impacto *negativo*, localizado na *Área Diretamente Afetada (ADA)*, de temporalidade *imediate*, *reversível*, de *média magnitude*, abrangência equivalente à área de uma *microbacia* e de *alta probabilidade de ocorrência*, classificando-o como “MODERADO”.

A alteração da qualidade da água pode-se dividir em duas situações: aumento da concentração de sólidos em suspensão e da turbidez e aumento da

disponibilidade de poluentes para a coluna d'água. Ambas as situações poderão ser monitoradas por meio dos Programas de monitoramento da qualidade da água, Monitoramento do material sedimentar e hidrodinâmico no canal.

d) Alteração da qualidade da água (acidentes com derramamentos de óleos e graxas): Equipamentos e motores que utilizam óleos combustíveis apresentam vazamentos acidentais em maior ou menor grau dependendo do estado de conservação do maquinário. As embarcações utilizadas nas operações podem lançar filmes de óleos na água, causando alterações nas características do ambiente aquático podendo afetar as comunidades biológicas.

O comportamento de óleos derramados nos mais diversos ecossistemas, e em corpos hídricos, depende de sua composição química, e também, da atuação de processos como evaporação, emulsificação, dissolução, biodegradação, fotooxidação e das interações entre óleo, sedimentos e água. A combinação destes processos é conhecida como intemperismo, o qual reduz a concentração de diferentes grupos de compostos, modificando as características químicas e físicas do petróleo (FLOODGATE, 1984 e FINGAS, 1998).

Os processos intempéricos, que atuam sobre um óleo derramado em corpos hídricos, podem ocorrer simultaneamente, mas a diferentes velocidades. A velocidade e a extensão desses processos dependem das propriedades físicas e químicas do óleo original e de condições ambientais, como: temperatura, velocidade e direção dos ventos. A evaporação é a responsável pelas mudanças mais importantes ocorridas no óleo durante um derrame. Em poucos dias um petróleo leve, dependendo da sua composição, pode perder até 75% de seu volume e os médios até 40%.

Nos ambientes tropicais, as temperaturas elevadas fazem com que a perda por evaporação dos componentes voláteis do petróleo seja mais rápida, diminuindo seus efeitos tóxicos sobre a microflora local (FINGAS, 1998).

Em resumo, os compostos saturados, predominantes na maioria dos óleos, são os mais suscetíveis à evaporação, biodegradação e à dispersão. Os compostos aromáticos de baixo peso molecular são parcialmente solúveis em água, mas evaporam rapidamente após um derrame. Os hidrocarbonetos aromáticos de elevado peso molecular (HPA) não apresentam o mesmo comportamento, sendo considerados tóxicos aos organismos aquáticos, em função do seu potencial carcinogênico e neurotóxico (FINGAS, 1998).

Este impacto pode ser significativo em caso de acidentes de grandes proporções, portanto, todas as embarcações operando no canal deverão estar rigidamente de acordo com as normas de segurança, operacionais e de manutenção cabíveis e, sua tripulação devidamente atualizada nos treinamentos para agir em situações de emergência de acidentes envolvendo derramamento de óleo.

Vazamentos de pequenas proporções deverão ser evitados através da manutenção adequada de equipamentos, os quais deverão ser executados somente por pessoal autorizado e treinado.

Este impacto poderá ocorrer durante a fase de implantação, quando será realizada a dragagem dos passos críticos e no decorrer da fase de operação, sendo dependente da ocorrência de vazamentos de hidrocarbonetos (óleos) em decorrência de acidentes ou falhas operacionais, e de fatores como a quantidade de óleo lançado, condição do nível do rio e época do ano.

Se adotadas eficientes medidas de segurança e um esquema de contingência para o caso de derrames, a probabilidade de ocorrência deste impacto será bastante reduzida. Além disso, para que esse impacto seja mitigado durante a

fase de realização dos serviços de dragagem as seguintes atitudes e atividades deverão ser desenvolvidas:

- Proibir o armazenamento de combustíveis nas embarcações;
- Não manter nas embarcações recipientes com restos de derivados de petróleo ou outras substâncias enquadradas como perigosas;
- A lavagem das embarcações deve ser feita em local adequado, nos estaleiros onde haja um sistema de disposição de águas contaminadas;
- As manutenções dos equipamentos devem ser procedidas com as embarcações atracadas, preferencialmente e em terra firme;
- Cuidados durante o processo de abastecimento das embarcações;
- As embarcações deverão possuir recipientes apropriados para disposição dos resíduos gerados;
- Possuir equipe treinada e equipamentos de sucção e contenção de óleo (barreiras) para utilização na limpeza de rios e córregos que eventualmente venham a ser atingidos em caso de acidentes;
- Fiscalização acentuada;
- Atividades de orientação voltadas aos trabalhadores ligados à operação.

Para os serviços de dragagem, trata-se de um impacto *negativo*, localizado na *Área Diretamente Afetada (ADA)*, com temporalidade *imediate* (durante os serviços de dragagem), *reversível*, sendo sua *magnitude alta* e de *baixa probabilidade de ocorrência*, tendo em vista as medidas de prevenção, o que classifica esse impacto como “FRACO”.

3.4.2 Avaliação de Impactos dos Serviços de Dragagem sobre o Meio Biótico

a) Alteração de habitats da fauna aquática: Alguns impactos sobre as comunidades aquáticas, principalmente macroinvertebrados bentônicos, são relacionados aos serviços de dragagem. Os principais impactos são primeiramente de natureza física e envolvem a desestruturação mecânica dos substratos não consolidados, habitats de espécies bentônicas.

O processo de dragagem, independentemente do equipamento utilizado, remove os organismos sésseis de fundo ou com pouca capacidade de locomoção (organismos bentônicos) e promove a supressão de habitats.

Este impacto ocorrerá em toda a extensão do canal dragado. Contudo, ao encerrar a dragagem haverá substrato livre para ser recolonizado por outros organismos bentônicos.

As implicações do impacto da supressão de organismos bentônicos e habitats pela dragagem e disposição estão relacionadas a alterações do habitat natural que levam a colonização do ambiente por uma nova população que poderá ser diferente da original, mudando a disponibilidade de alimento para os organismos de níveis tróficos superiores. Segundo Harvey e Lisle (1998), em um primeiro momento há uma redução na abundância de invertebrados bentônicos após a dragagem. No entanto, ao longo do tempo, sucessivamente a diversidade de organismos que colonizam o substrato tende a aumentar.

Já o processo de deposição do material dragado pode provocar o soterramento de organismos bentônicos e a alteração das características dos habitats de fundo, como a introdução de sedimentos de granulometria fina e grossa, e com aumento na carga de nutrientes. O impacto da disposição do sedimento para os organismos bentônicos varia dependendo de fatores como o volume e as

características do sedimento disposto, profundidade da coluna d'água, superfície e hidrografia da área de disposição, estação do ano, tipos de organismos que habitam o local de disposição e a similaridade do sedimento disposto e o do local de disposição, tempo de turbidez e a presença de substâncias tóxicas no material depositado.

Os locais considerados como alternativas para a disposição do material dragado situam-se nas margens, em locais próximos aos passos críticos, na calha do próprio rio. Portanto, o impacto de soterramento de organismos de fundo corresponde a uma área restrita aos locais de disposição e imediações. Além disso, alguns estudos apontam que áreas impactadas por processos de dragagem que foram completamente defaunadas, apresentaram uma recolonização tanto por migração vertical como por recrutamento. (HALL; FRID, 1998; LANGAN, 1999).

Este impacto é caracterizado como *negativo*, tanto no local de dragagem quanto no local de disposição, restrito ao canal e à área de disposição (*Área Diretamente Afetada (ADA)*), de temporalidade *imediate*, porque o substrato estará livre para ser colonizado após disposição, *reversível* e de *pequena magnitude*, *abrangência* limitada a área de uma microbacia e *alta probabilidade de ocorrência*, atribuído com a valoração de "FRACO".

A implantação do Programa de Monitoramento das Áreas de Descarte do Material Dragado (Bota-foras) e do Programa de Monitoramento da Biota Aquática fornecerá os indicadores necessários para a avaliação da dinâmica dos impactos previstos, permitindo ajustes ao longo da execução das obras, caso necessário.

b) Dispersão da biota aquática: Em todas as fases dos serviços de dragagem pode ocorrer o afugentamento da biota aquática devido à movimentação das embarcações e equipamentos, e pelo aumento da turbidez da água.

O afastamento de organismos com grande mobilidade como os peixes, durante a atividade de dragagem, já ocorre por conta da movimentação de embarcações no canal, no entanto, não deixa de ser uma área onde a pesca é praticada concomitantemente com a atividade hidroviária, sendo um indicativo de que esse afastamento, embora ocorra, não diminui a densidade de peixes que ali residem.

Entretanto, podem ser observadas interrupções na migração de peixes devido aos ruídos e vibrações provocados pelos equipamentos utilizados na dragagem (PIANC, 2009) e, portanto, aconselha-se evitar o período de piracema para a execução dos serviços de dragagem. Este período se estende do dia 05 de novembro ao último dia de fevereiro e coincide com a subida das águas do rio Paraguai. Por esta razão, pode-se dizer que a piracema não prejudica a janela de dragagem, tendo em vista que se recomenda o início dos serviços durante a vazante.

Para os serviços de dragagem, este impacto é de natureza *negativa*, localizado na *Área Diretamente Afetada (ADA)*, temporalidade *imediate*, *reversível*, de *média* magnitude, e abrangência semelhante à *área de uma microbacia*, porém com *alta probabilidade de ocorrência*, classificando-o na matriz de valoração como "MODERADO".

Das medidas de monitoramento e controle deste impacto recomenda-se a execução do Programa de Monitoramento da Biota Aquática.

c) Exposição dos organismos da coluna d'água ao material dragado e aos sedimentos ressuspensos: Os impactos de natureza química dependem das características dos sedimentos associados que poderão ser ressuspensos na coluna

d'água e do tempo que este permanecerá em suspensão. A consequência da ressuspensão de elementos contaminados ou muito enriquecidos em nutrientes é a alteração da qualidade da água no entorno da área de dragagem e o aumento na quantidade de material particulado em suspensão.

Para os organismos com grande capacidade natatória a diminuição na qualidade da água em uma extensão limitada não causa grandes problemas uma vez que estes organismos rapidamente se deslocam para áreas não afetadas, no entanto, para as comunidades bentônicas este impacto pode ser significativo se ocorrerem longos períodos de exposição.

Outro fator que pode ser observado é que o processo de dragagem altera os padrões de ciclagem de nitrogênio no sedimento, o que também pode afetar a biota aquática como um todo. Uma alta liberação de nutrientes oriundos do sedimento pode favorecer aflorações de microalgas (PIANC, 2009), que podem ser prejudiciais a algumas espécies aquáticas, mas em um ambiente lótico, o aporte adicional de nutrientes na coluna de água deve ser inexpressivo, considerando a rapidez de mistura e o volume de água envolvido.

Neste empreendimento a maior ressuspensão de sedimentos ocorre durante o processo de dragagem e disposição do material. Por outro lado, devido às baixas cargas de contaminação encontradas nos sedimentos, a alteração da qualidade da água e, conseqüentemente, o impacto sobre os organismos aquáticos, se dará por alteração de parâmetros físico-químicos, tais como turbidez, sólidos totais e sedimentáveis e introdução de nutrientes e matéria orgânica e não pela remobilização de contaminantes para a água, tanto no momento da dragagem quanto na etapa de disposição.

Para os organismos fotossintetizantes como algas planctônicas, enquanto o material particulado permanecer na coluna d'água poderá ocorrer uma redução da energia luminosa diminuindo taxas fotossintéticas. No entanto, este impacto terá significado momentâneo e espacialmente limitado, já que a maioria das microalgas do fitoplâncton atinge a saturação das taxas fotossintéticas mesmo com baixa luminosidade. Adicionalmente, a produtividade primária por protistas e bactérias planctônicas é de importância reduzida em ambientes lóticos, especialmente em rios da ordem do rio Paraguai (VANNOTE *et al.*, 1980).

Assim, trata-se de um impacto de natureza *negativa*, restrito à *Área Diretamente Afetada (ADA)*, de temporalidade *imediate*, *reversível*, de *média* magnitude e abrangência equivalente à *área de uma microbacia*, com *alta probabilidade de ocorrência*, classificado como "MODERADO".

A implantação do Programa de Monitoramento do Material Sedimentar e Hidrodinâmico no Canal, do Programa de Monitoramento das Áreas de Descarte do Material Dragado (Bota-foras) e do Programa de Monitoramento da Biota Aquática fornecerá os indicadores necessários para a avaliação da dinâmica desse impacto previsto ao longo da execução dos serviços de dragagem.

d) Exposição da Biota aquática ao derramamento de óleos e graxas: O derramamento acidental de óleos lubrificantes, combustíveis e produtos químicos durante o abastecimento de máquinas poderá acarretar na poluição e degradação dos cursos de água. Este impacto causará efeitos danosos para a fauna aquática, provocando inclusive eventos de mortandade de peixes e macroinvertebrados aquáticos.

Entretanto, se forem adotadas medidas de segurança eficientes e um esquema de contingência para o caso de derramamentos, a probabilidade de ocorrência e a extensão deste impacto será bastante reduzida.

Para os serviços de dragagem, trata-se de um impacto de natureza *negativa*, que pode ocorrer na *Área Diretamente Afetada (ADA)*, temporalidade *imediate*, *irreversível* (devido a mortandade de organismos aquáticos), de *pequena magnitude*, abrangência equivalente à *área de uma microbacia*, e de *baixa probabilidade de ocorrência*, tendo em vista as medidas de prevenção e de monitoramento propostas. Portanto, esse impacto está classificado como “FRACO”.

3.4.3 Avaliação de Impactos dos Serviços de dragagem sobre o Meio Socioeconômico

a) Aumento da oferta de emprego: As atividades relacionadas à dragagem do canal de navegação demandarão um número reduzido de trabalhadores na fase de realização do serviço.

Assim, para os serviços de dragagem considera-se que este seja um impacto *positivo*, localizado na *Área de Influência Direta (AID)*, com temporalidade *imediate* (ocorrendo durante a execução dos serviços de dragagem), *reversível*, de *média magnitude*, sendo *superior a área de uma bacia de 1ª ordem* e com *alta probabilidade de ocorrência* (uma vez que os serviços de dragagem são essenciais para manutenção da Hidrovia), sendo classificado como “MODERADO”.

b) Redução temporária da pesca profissional, esportiva e artesanal: As atividades de dragagem no canal de navegação e a disposição de sedimentos poderão levar a uma redução temporária da atividade pesqueira, afetando os pescadores profissionais, artesanais e esportivos na *Área Diretamente Afetada*, principalmente no que se refere ao sistema de mobilização/desmobilização dos serviços e ao próprio processo de sucção/recalque das atividades de dragagem.

Além dos impactos atribuíveis ao serviço de dragagem, transporte e disposição de sedimentos, deverão ser adotadas medidas de segurança à navegação, o que poderá restringir temporariamente as áreas de pesca.

Sendo assim, trata-se de um impacto de natureza *negativa*, localizado na *Área Diretamente Afetada (ADA)*, com temporalidade *imediate* (restrito aos serviços de dragagem), de ordem *reversível*, com *pequena magnitude*, abrangência *equivalente à área de uma microbacia* e de *média probabilidade de ocorrência*, classificado como “FRACO”.

Para o monitoramento e compensação deste impacto deverão ser executadas atividades e ações de apoio as comunidades pesqueiras dentro da metodologia do Programa de Educação Ambiental e Comunicação Social, cuja implementação buscará entre outros aspectos, a sustentabilidade de médio e longo prazo dessa atividade.

c) Interferência com o tráfego hidroviário local: Como as atividades de dragagem serão desenvolvidas no próprio canal de navegação, as mesmas irão interferir em diferentes momentos no tráfego das embarcações, e conseqüentemente nas atividades de carga/descarga dos mesmos. Assim, será necessário um planejamento criterioso das atividades de dragagem para que as interferências sobre as atividades de navegação sejam mínimas.

Para as atividades de dragagem, trata-se de um impacto *negativo*, localizado na *Área Diretamente Afetada (ADA)*, de temporalidade *imediate*, ordem *reversível*, de *pequena magnitude* e abrangência restrita à *área de uma microbacia* (afetando o tráfego apenas no local da dragagem), e com *alta probabilidade de ocorrência*, resultando em uma valoração do tipo “FRACO”.

Para o monitoramento e controle deste impacto, o Programa de Segurança e Controle Ambiental da Obra da Dragagem prevê em sua metodologia medidas de segurança para toda a fase de execução dos serviços de dragagem.

d) Melhoria da capacidade hidroviária na região: As obras de dragagem resultam na melhoria das condições de navegabilidade do rio Paraguai. Ademais, a garantia de que a profundidade esteja adequada para que as composições hidroviárias das embarcações operem com maior confiabilidade e segurança contribuem para o incremento da atividade hidroviária.

Sendo assim, trata-se de um impacto de natureza *positiva*, localizado na *Área Diretamente Afetada (ADA)*, *reversível*, com temporalidade *longa* (uma vez que os efeitos das atividades de dragagem proporcionarão benefícios a longo prazo e serão realizados periodicamente), de *alta* magnitude, abrangência *superior à área de uma bacia de 1ª ordem* e de *alta probabilidade de ocorrência*, classificando-o como “FORTE”.

e) Melhoria das condições de segurança à navegação: O dimensionamento do canal de navegação e os serviços de dragagem resultam na certificação das profundidades mínimas estabelecidas no canal, e oferecerão melhores condições de segurança à navegação, permitindo a operação de embarcações em situações e locais que hoje possuem restrições. As propostas de melhoria na infraestrutura da Hidrovia, principalmente em relação aos pontos de apoio para o desmembramento dos comboios também fornecerão maior segurança à passagem das embarcações. Além disso, os serviços de dragagem reduzirão os riscos de abalroamento das embarcações relacionados à ponte ferroviária Eurico Gaspar Dutra, na localidade de Porto Esperança – município de Corumbá/MS.

Sendo assim, trata-se de um impacto de natureza *positiva*, temporalidade *longa*, uma vez que os serviços serão realizados periodicamente e poderão reduzir a magnitude das dragagens ao longo do tempo, localizado na *Área Diretamente Afetada (ADA)*, de ordem *reversível*, de *alta* magnitude, abrangência *superior à área de uma bacia de 1ª ordem* e *alta probabilidade de ocorrência*, classificando esse impacto como “FORTE”.

f) Qualificação de mão-de-obra na atividade hidroviária: Para a execução dos serviços de dragagem são necessários elevados recursos financeiros, dragas e equipamentos adequados, técnicas e pessoal especializados. O planejamento do processo consiste na elaboração de projetos de dragagem que, quando bem estruturados, geram bons resultados durante toda a cadeia de atividades de dragagem, bem como a seleção do equipamento mais adequado. Relacionado a esse impacto, tem-se que a qualificação da mão-de-obra propiciará melhores condições de trabalho e de renda para os operadores envolvidos nas atividades de dragagem.

Sendo assim, para as atividades de dragagem este é um impacto *positivo*, localizado na *Área de Influência Direta (AID)*, com temporalidade *longa* (a capacitação é caracterizada como um investimento de longo prazo), *irreversível* (os efeitos da qualificação da mão-de-obra são permanentes), de *média* magnitude, abrangência *superior à área de uma bacia de 1ª ordem*, e com *alta probabilidade de ocorrência*, classificando-o como “FORTE”.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados para a valoração dos impactos ambientais no meio físico, biótico e socioeconômico, utilizando-se a metodologia proposta, encontram-se apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3, respectivamente.

Para o meio físico, todos os impactos tiveram valoração semelhante, e foram classificados como fracos, com exceção do impacto em relação à alteração da qualidade da água (ressuspensão de sedimentos), o qual foi classificado como moderado, devido à sua magnitude média.

Dentre os impactos analisados para o meio biótico, dois deles enquadraram-se como fracos e os outros dois como moderado, onde as diferenças encontradas referem-se à reversibilidade ou à magnitude do impacto.

Para o meio socioeconômico, apresentam-se seis impactos, onde três são considerados como “forte”, um como “moderado” e dois como “fraco”, sendo os impactos fortes considerados positivos.

Tabela 1 – Valoração dos Impactos para o Meio físico.

IMPACTOS Meio físico			Alteração da qualidade do ar	Alteração dos níveis de ruído	Alteração da qualidade da água (ressuspensão de sedimentos)	Alteração da qualidade da água (acidentes com derramamentos de óleos e graxas)
Natureza	-		-	-	-	-
	+					
Localização	ADA		x	x	x	x
	ÁID					
	All					
Temporalidade	Imediata	1	1	1	1	1
	Curta	2				
	Média	3				
	Longa	4				
Reversibilidade	Reversível	1	1	1	1	1
	Irreversível	3				
Magnitude	Pequena	1	1	1		
	Média	2			2	
	Alta	3				3
Abrangência*	1		1	1	1	1
	2					
	3					
	4					
Σ			4	4	5	6
Probabilidade de Ocorrência	Baixa	1				1
	Média	2				
	Alta	3	3	3	3	
Σx Ocorrência			12	12	15	6
Avaliação			Fraco	Fraco	Moderado	Fraco

Tabela 2 – Valoração dos Impactos para o Meio biótico.

IMPACTOS Meio Biótico			Alteração de habitats da fauna aquática	Dispersão da biota aquática	Exposição dos org. da coluna d'água ao material dragado e aos sedimentos ressuspensos	Exposição da biota aquática ao derramamento de óleos e graxas
Natureza	-		-	-	-	-
	+					
Localização	ADA		x	x	x	x
	AID					
	All					
Temporalidade	Imediata	1	1	1	1	1
	Curta	2				
	Média	3				
	Longa	4				
Reversibilidade	Reversível	1	1	1	1	
	Irreversível	3				3
Magnitude	Pequena	1	1			1
	Média	2		2	2	
	Alta	3				
Abrangência*	1		1	1	1	1
	2					
	3					
	4					
Σ			4	5	5	6
Probabilidade de Ocorrência	Baixa	1				1
	Média	2				
	Alta	3	3	3	3	
Σ x Ocorrência			12	15	15	6
Avaliação			Fraco	Moderado	Moderado	Fraco

Tabela 3 – Valoração dos impactos para o meio socioeconômico

IMPACTOS Meio socioeconômico			Aumento da oferta de emprego	Redução temporária da pesca profissional, esportiva e artesanal	Interferência com o tráfego hidroviário local	Melhoria da capacidade e hidroviária na região	Melhoria das condições de segurança à navegação	Qualificação de mão-de-obra na atividade hidroviária
Natureza	-			-	-			
	+		+			+	+	+
Localização	ADA			x	x	x	x	
	AID		x					x
	All							
Temporalidade	Imediata	1	1	1	1			
	Curta	2						
	Média	3						
	Longa	4				4	4	4
Reversibilidade	Reversível	1	1	1	1	1	1	
	Irreversível	3						3
Magnitude	Pequena	1		1	1			
	Média	2	2					2
	Alta	3				3	3	
Abrangência*	1			1	1			
	2							
	3							
	4		4			4	4	4
Σ			8	4	4	12	12	13
Probabilidade de Ocorrência	Baixa	1						
	Média	2		2				
	Alta	3	3		3	3	3	3
Σ x Ocorrência			24	8	12	36	36	39
Avaliação			Moderado	Fraco	Fraco	Forte	Forte	Forte

Portanto, de acordo com a metodologia de avaliação e valoração dos impactos proposta neste trabalho e aplicada ao estudo de caso de dragagem do rio Paraguai, tem-se que os impactos negativos, em sua maioria relacionados aos meios físico e biótico, são classificados como fracos, principalmente pela temporalidade imediata da maioria dos impactos, da possibilidade de reverter estes ao cessar as atividades de dragagem e da limitação temporal destes, que acabam sendo de pequena abrangência.

Já para os impactos positivos, todos relacionados ao meio socioeconômico, resultaram numa valoração forte e moderada, pois apresentam uma temporalidade e abrangência maiores.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

Atualmente, a Hidrovia do rio Paraguai opera com embarcações de passageiros e comboios para o transporte de cargas, havendo restrições de navegação relacionadas principalmente as constantes mudanças naturais da posição do canal de navegação e alterações das profundidades em decorrência da dinâmica morfológica do rio Paraguai. Portanto, o principal investimento necessário refere-se às intervenções iniciais e periódicas, principalmente de dragagem e de manutenção.

Os processos de dragagem são realizados e já fazem parte da rotina de operação da Hidrovia, sendo necessária sua continuidade, a fim de garantir a segurança e sustentabilidade da navegação, mesmo em períodos de estiagem, devendo haver o monitoramento contínuo para minimizar os impactos decorrentes de sua realização.

Dessa forma, foram apresentados os possíveis impactos ambientais que podem ocorrer durante as atividades de melhoramento da navegabilidade e operação da Hidrovia do rio Paraguai, o que permitiu averiguar não haverem impeditivos quanto a viabilidade ambiental dos serviços de dragagem e da operação da Hidrovia.

É importante ressaltar que não havia um critério padrão para a valoração de impactos ambientais para os serviços de dragagens, adotando-se a metodologia proposta pela UFPR-ITTI/DNIT-CGMAB (PIMENTA *et al.*, 2014) a qual considera parâmetros de valoração oriundos do Decreto 6848/2009.

Salienta-se a importância de se padronizar uma metodologia de análise e valoração, permitindo-se diminuir a subjetividade dos diversos estudos ambientais, utilizando-se uma base única de comparação de resultados.

METHODOLOGY FOR ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF DREDGING OPERATIONS IN INLAND WATERWAYS – CASE STUDY OF PARAGUAY RIVER WATERWAY

ABSTRACT

In order to support the expansion of goods and passengers transport using inland navigation considering its economic and environmental benefits, it is fundamental the achievement of environmental studies for the maintenance services of this activity. Therefore, this paper proposes a homogeneous methodology for the environmental impact assessment of physical, social and biotic elements regarding inland waterways maintenance services, such as dredgings or rock excavation as well as the deployment of port terminals (being maritime or fluvial). As an application

example, it presents the case study of Paraguay River Waterway, considering the dredging services under the Technical, Economical and Environmental Feasibility Studies (EVTEA), performed by Federal University of Parana (UFPR), through the Technological Institute of Transport and Infraestructure (ITTI) in partnership with the National National Department of Transport Infraestructure (DNIT).

Keywords: Environmental impact assessment. Dredging services. Inland waterways.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2004). NBR ISO 14001:2004. *Sistema de Gestão Ambiental – Requisitos com orientações para uso*. 2ed. Rio de Janeiro.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. (1986) *Resolução nº 1, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental*. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. (1986). Resolução nº 454, de 23 de janeiro de 1986. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

FINGAS, M.F. (1998). *The chemistry and physics of oil behaviour at sea: Weathering and incorporation into spill models*. Australian U.N. Workshop, 22p.

FLOODGATE, G. (1984). *The fate of petroleum in marine ecosystems*. In: R.M. Atlas (Ed.) *Petroleum Microbiology*, Macmillan Publishing Co. p. 355-398.

LANGAN, S. J. (1999). *The Impact of Nitrogen Deposition on Natural and Semi-Natural Ecosystems*. Springer Science+Business Media Dordrecht, Acaulay Land Use Research Institute, United Kingdom, v. 3. 250p.

LEOPOLD, L. B., et al. (1971). *A Procedure for Evaluating Environmental Impact*. Washington: U. S. Geological Survey.

PIMENTA, A. F. F. *et al.* (2014). *Gestão para o licenciamento ambiental de obras rodoviárias – conceitos e procedimentos*. Departamento de Transportes, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

PIANC. Permanent International Association of Navigation Congress. (2002). *Guidelines for the design of fender systems*.

UFPR/ITTI. Universidade Federal do Paraná. Instituto Tecnológico de Transportes e Infraestrutura. (2015). *EVTEA da Hidrovia do rio Paraguai*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná.

VANNOTE, R. L., MINSHALL G. W., CUMMINS K. W., SEDELL J. R. & CUSHING C. E. (1980). *The river continuum concept*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 37:130–137.