

4.0 PERTURBAÇÃO DA TERRA

Esta seção descreve as causas e conseqüências naturais da erosão e como as atividades exploratórias podem acelerar os processos erosivos. Posteriormente, são detalhados os passos a serem seguidos para controlar a erosão durante as atividades de exploração. Além disso, são exploradas as vulnerabilidades à erosão específicas de terrenos especiais.

Erosão é o desgaste da superfície da terra em reação às forças naturais como vento e chuva. Estas forças provocam a liberação de materiais da superfície da terra, sua dissolução ou desgaste e transporte de um local para outro por agentes naturais. O resultado é a mudança na sua forma e, freqüentemente, a inutilização da superfície da terra.

A erosão é acelerada pelas atividades de exploração. O entendimento das causas e conseqüências da erosão possibilita uma melhor avaliação e seleção dos métodos para mitigar e controlar o impacto da exploração.

4.1 Causas da Erosão

As forças naturais de desgaste pelo vento, água, gelo e massa (gravidade) provocam a erosão de partículas de solo e rocha. As atividades de exploração podem agravar os processos naturais de erosão, pois as alterações da vegetação, solo, substrato e permafrost (subsolo permanentemente congelado) podem modificar os padrões de drenagem na superfície. Clima, topografia, tipo de solo, vegetação, tamanho da área e tempo que a terra fica exposta a forças erosivas, afetam a taxa e o grau da erosão. As regiões caracterizadas por clima árido, alta pluviosidade, declives abruptos, solo fino e impermeável, cobertura vegetal fina ou que passam por um rápido derretimento da camada de gelo são especialmente suscetíveis a altas taxas de erosão.

As próximas seções identificam as diversas causas da erosão e descrevem seus efeitos sobre a superfície da terra.

Vento

O vento é um poderoso agente de erosão. Ventos com baixas velocidades (de 13 a 15 km/h) no nível da terra podem remover partículas de solo de uma superfície seca. A remoção da cobertura vegetal pode resultar na perda total de camadas de solo superficial devido à erosão eólica.

O vento também pode carregar partículas de solo, formando uma poeira incômoda que provoca problemas de saúde e acúmulo indesejado de sedimentos. A erosão eólica é maior em regiões áridas. É fundamental preservar a vegetação ao trabalhar em regiões suscetíveis à erosão eólica.

Água e Gelo

A água erode a superfície da Terra de várias maneiras. Estas incluem:

- Ação das ondas

- Impacto da chuva
- Acúmulo de neve e gelo
- Escoamento superficial

A precipitação direta (chuva forte) quebra partículas de rocha e desprende o solo, devido à sua força de impacto.

O acúmulo de neve e gelo contribui de três formas para a erosão:

- A água que penetra nas fendas das rochas pode quebrá-las ao congelar e se expandir.
- Geleiras (grandes blocos de gelo), ao se moverem lentamente na superfície da terra, raspam o solo e a rocha
- Gelo e neve derretidos produzem grandes volumes de água em movimento (escoamento) durante o degelo da primavera

Existem quatro formas de erosão resultantes do escoamento de superfície:

- **Erosão laminar** - ocorre devido ao fluxo laminar de água sobre uma superfície uniforme e à remoção de finas camadas de solo.
- **Erosão em sulcos** - provocada pelo escoamento concentrado ou freqüente resultando na formação de pequenos canais, normalmente de 2,5 a 3 m, abaixo do topo do declive no aterro.
- **Erosão em ravinas** - resulta na formação de canais profundos e é provocada pelo escoamento concentrado ou de alta velocidade.
- **Erosão catastrófica** - é provocada por deslizamento de lama ou de terra que, por sua vez, é causado pelo acúmulo de água no solo e subsolo. Este pode oferecer risco à saúde e à segurança, ou pode produzir um problema ambiental provocando, por exemplo, a queda catastrófica de um local de perfuração.

Cada uma destas pode resultar em mudanças no padrão de drenagem pré-existente. O sedimento arrastado pelo escoamento da superfície da terra para os cursos d'água pode piorar a qualidade da água a jusante, afetando os ecossistemas aquáticos. Os sedimentos em suspensão podem inibir a fotossíntese e o crescimento das plantas, devido à diminuição de incidência de luz. Podem também obstruir as guelras dos peixes. A sedimentação excessiva altera o substrato da corrente, levando ao preenchimento do canal e a danos nas zonas de desova de peixes.

Além de sedimento, o escoamento pode transportar pesticidas, produtos petroquímicos, metais pesados, sal das estradas e outros poluentes. Estes poluentes não são apenas tóxicos ao homem e à fauna, eles afetam negativamente a fertilidade do solo e a absorção de água pelas plantas.

As atividades de exploração podem afetar a intensidade da erosão resultante da precipitação atmosférica e do escoamento superficial. O escoamento concentrado em áreas desnudas ou áreas com solos instáveis provoca a erosão mais grave como resultado do movimento da água. Portanto, é muito importante assegurar que haja o menor dano possível à área vegetal e ao solo superficial durante o programa de exploração, para que

seja mantido o máximo da cobertura protetora existente. Isto é muito importante em áreas com alta incidência de chuva.

Gravidade

O desgaste de massa ocorre quando as forças gravitacionais superam a resistência natural de uma massa de solo ou rocha, sem a ajuda de um meio fluido, tal como o ar em pressão normal, a água ou o gelo de geleiras. O deslizamento de terras é um exemplo de desgaste de massa.

Supressão da vegetação

A vegetação impede a erosão. As raízes das plantas seguram o solo superficial no local; as folhas, por sua vez, protegem a superfície contra a ação erosiva das chuvas e agem como barreira contra o vento. O solo superficial contém nutrientes, microorganismos, minerais, sementes e rizomas valiosos – elementos importantes para a reabilitação bem sucedida do local após a conclusão das atividades de exploração.

Quando o solo é movimentado ou solto, ele:

- É arrastado com o escoamento
- Forma sedimentos nas correntes
- Libera seus nutrientes após certo tempo

Freqüentemente, a erosão começa com cortes, abertura de clareiras ou remoção da vegetação. Uma vez retirada a cobertura vegetal, a erosão é acelerada. Quanto mais tempo a área estiver sujeita às forças erosivas, mais grave será o efeito da erosão. A recuperação da flora nativa será mais difícil se a vegetação tiver sido totalmente removida, o que pode resultar em posterior degradação do habitat.

Perturbação do Solo

As características do solo podem afetar a taxa de erosão. Solos com textura fina são suscetíveis a erosão eólica e hídrica, quando expostos com a remoção de camadas orgânicas superficiais. Solos de textura fina e úmidos são mais suscetíveis a sulcos do que solos secos, de textura média ou grossa. Solos perturbados ou compactados podem interromper a percolação, o que pode diminuir o sucesso das atividades de remediação.

Interferência no Substrato Rochoso

A interferência no substrato rochoso muda os padrões de drenagem e de escoamento, o que pode aumentar a taxa de erosão. A escavação de trincheiras é a atividade de exploração que mais danifica o substrato rochoso.

4.2 Métodos de Controle da Erosão

A abertura de picadas e outras atividades de exploração prejudicam a paisagem e podem acelerar a erosão de solos instáveis. É fundamental implantar estruturas e procedimentos adequados de controle de erosão e sedimentos nas atividades, até mesmo no estágio de levantamento. O objetivo deve ser expor o mínimo de área de terra, pelo menor tempo possível, às forças erosivas. Para atingir este objetivo, é necessário planejar as atividades de exploração prevendo as necessidades do programa de exploração. O planejamento

cuidadoso facilita o eventual processo de reabilitação. Como regra geral, minimize a interferência na vegetação, solo e substrato e a exposição ao vento e à água.

4.2.1 Minimizando as Interferências

Faça tudo o que for possível para minimizar a remoção da vegetação e as interferências no solo e substrato. As interferências causadas pelo uso de veículos e equipamentos móveis podem ser minimizadas com a seleção adequada destes equipamentos.

Outras considerações sobre a minimização das interferências são apresentadas nas seguintes seções:

- Abertura de Clareiras na Vegetação
- Conservação do Solo
- Uso de Veículos e Equipamentos

Abertura de Clareiras na Vegetação

Existem assuntos importantes a serem considerados ao retirar árvores ou vegetação para fazer os levantamentos.

- Não retire a vegetação da terra mais de seis meses antes do tempo necessário
- Evite abrir clareiras e usar *bulldozer* com lâmina
- Onde for possível, dirija sobre a vegetação nivelada, para preservar os rizomas e evitar a erosão do solo
- Onde for possível, preserve a matéria orgânica
- Evite cortar espécies de plantas comercializáveis (pode ser que alguém as esteja cultivando)
- Evite remover a vegetação adjacente aos lagos, rios e correntezas

Cortando a Vegetação

Cada localidade tem suas diretrizes e exigências para a concessão de permissões de corte e remoção de árvores. Conheça os regulamentos e obtenha todas as autorizações ou licenças antes do início de qualquer trabalho.

Como regra geral, no estágio de levantamento do processo de exploração:

- Por motivos de segurança, corte a vegetação perto do nível do solo para evitar “pontas” perigosas de tocos projetando-se da terra.
- Corte as árvores em pequenos pedaços. Os troncos das árvores devem ser cortados no toco, na coroa da raiz.
- Apare a vegetação pendente para reduzir o risco de galhos se projetando.
- Não abata amostras vivas de qualquer espécie com mais de 150 mm de diâmetro, a menos que seja absolutamente necessário.
- Ofereça treinamento para os cortadores, para que possam reconhecer e evitar cortar qualquer espécie nativa sujeita às leis locais.
- Minimizar o corte em áreas sensíveis (p.ex., Alpinas).
- Remova todo o entulho produzido (p.ex., garrafas, latas, papéis).

Quando estiver usando equipamentos com motor:

- Ao trocar o óleo, recolha o óleo usado e leve-o para a área de despejo adequada.
- Não derrame o óleo usado na mata.
- Certifique-se que os materiais de controle de risco de incêndio adequados estejam no local de trabalho. Mantenha um recipiente com pelo menos 10 litros de água ou um extintor de pó seco de pelo menos 1 kg de capacidade ao alcance de qualquer local de trabalho onde serras elétricas, trados e outras máquinas a gasolina estejam sendo usados.
- Respeite as proibições de fazer fogo.
- Ao utilizar um gerador portátil, mantenha a área de escape livre de folhas e brotos.

Abertura de Picadas e Levantamentos

Ao estabelecer um espaço e fazer levantamentos terrestres, certifique-se que:

- Picadas ou trilhas não tenham mais do que 1m de largura.
- O acesso às picadas seja discreto, para reduzir a possibilidade de uso posterior inadequado por pessoal não autorizado (por motivos ambientais e de segurança).
- As picadas sejam abertas usando apenas ferramentas de mão (p.ex., facões, sulcadores, machados, serras).
- Seja dada preferência ao uso de fita biodegradável em vez de fitas plásticas comuns. Esta fita durará pelo menos dois anos, mas se desintegrará posteriormente.
- Devem-se utilizar apenas pequenos pedaços de fita. Não são necessários marcadores tipo “bandeiras” com vários metros de fita.
- Sempre que possível, as malhas em áreas sensíveis devem ser apenas fixadas ou sinalizadas com fitas.

Na conclusão do programa, certifique-se que:

- Todos os equipamentos, inclusive os fios, sejam removidos da malha.
- As linhas guias sejam removidas das linhas de marcação, uma vez que os pássaros podem se enroscar nelas.
- Sempre que possível, os marcadores aparentes como estacas e fitas devem ser removidos, principalmente no início das linhas da marcação. Em áreas sensíveis, estes cuidados devem receber atenção especial.

Administrando a Vegetação Removida

O corte da vegetação durante a colocação de linhas de marcação pode ser útil de diversas maneiras, inclusive com a aceleração do processo de revegetação de áreas perturbadas. Considere os seguintes procedimentos a este respeito:

- Armazene a vegetação removida para ser reutilizada como fonte de sementes, auxílio para retenção de umidade e sombra para novas plantas durante a recuperação.
- Use uma parte da vegetação removida como forragem.
- Corte a vegetação rebaixada em pedaços com menos de 4 m de comprimento, cubra com pelo menos 1 metro de solo, semeie novamente e fertilize.

- Coloque os pedaços de galhos de maneira que não degradem os habitats aquáticos ou ofereçam risco de incêndio.
- Decida se será permitido queimar os galhos. Nunca coloque fogo durante os períodos de seca ou quando houver grande risco de incêndio. Espalhe ou enterre os resíduos da queima.

Conservação do Solo

Remoção e Armazenagem do Solo

Considere os seguintes fatores antes de movimentar o solo superficial:

- Se houver uma forragem grossa de vegetação em decomposição sobre a camada do solo, esta deve ser removida e empilhada separadamente.
- Normalmente, o solo superficial constitui-se de 10 a 20 cm de solo, entretanto, em algumas áreas, ele pode ser muito fino.
- O solo escavado deve ser empilhado para reutilização em áreas que sofreram interferência.
- O solo superficial e o subsolo devem ser armazenados em pilhas diferentes de, no máximo, 1 a 2 m de altura. Isto garantirá aeração adequada para a fauna do solo. (As boas práticas, de diversas fontes, referentes à altura de armazenagem de solo superficial variam de 60 cm a 3 m. A altura de 1 a 2 m foi escolhida aqui como uma média razoável dentro desta margem).
- O solo deve ser coberto com vegetação permanente ou temporária para evitar a erosão.
- O subsolo precisa ser acomodado antes da colocação do solo superficial.

É importante conservar o solo superficial em áreas perturbadas para proteger e sustentar a vegetação que inibe a erosão superficial. O solo superficial contém suprimentos valiosos de nutrientes, microorganismos, minerais, sementes e raízes importantes para a recuperação. Ele é especialmente importante por ser fonte de sementes de espécies nativas contidas no solo superficial. Esta fonte de sementes é necessária para restaurar a diversidade de espécies de plantas dentro da área perturbada.

Planeje todas as atividades que danificam a superfície do solo de forma que seja mínima a quantidade de solo superficial deslocado.

Armazenando o Solo Superficial

Armazene o solo superficial separadamente do subsolo e proteja-o para utilização futura na recuperação.

Planeje a abertura de trincheiras (ou "costeans", trincheiras que expõem o substrato) e buracos evitando árvores grandes (>150 mm de diâmetro). Onde não for possível, corte as árvores e remova-as para o lado para futuro salvamento.

Sempre retire o solo superficial (incluindo pequenos arbustos e material orgânico) e remova-o para o lado da trincheira em pilhas longas e estreitas, com não mais do que 1 a 2 m de altura. Se o solo superficial for empilhado em grandes montes, o oxigênio não poderá atingir o centro da pilha e organismos úteis para o solo morrerão. O solo, então,

tornar-se-á estéril e perderá nutrientes. É importante armazenar o solo adequadamente, sempre que possível.

Certifique-se que haja drenagem adequada nas pilhas de solo superficial, principalmente se tiverem que ficar assim por vários meses antes do início das obras de reabilitação. O solo superficial é facilmente erodível e deve ser protegido de perda desnecessária por erosão. Isso pode ser feito com a instalação de uma drenagem, se necessário, e cobrindo-se a superfície para protegê-la da erosão eólica. Nas inclinações, use um dreno de sangramento ou canal ascendente a partir da trincheira, para evitar que ela seja preenchida com água.

Em locais inclinados, faça drenagens acima das trincheiras e armazenagens de solos.

Coloque o subsolo e qualquer rocha escavada em pilhas separadas, não sobre o solo superficial. Um método fácil para pequenas trincheiras é colocar o solo superficial de um lado da trincheira e o subsolo do outro lado. Se não houver espaço suficiente de um lado da trincheira para todo o subsolo, empilhe tanto o solo de superfície quanto o subsolo dos dois lados da trincheira, mas em pilhas separadas.

Em trincheiras pequenas, que são preenchidas num único dia ou em poucos dias depois de serem escavadas, não há necessidade de retirar o solo de superfície da área usada para armazenar o subsolo. Conforme dito acima, entretanto, se a trincheira for grande e ficar aberta por semanas ou meses, retire e armazene o solo superficial separado do local de armazenagem de subsolo.

Para segurança dos trabalhadores, proteja os lados das trincheiras grandes e profundas (>1 m de profundidade) com taludes e considere a possibilidade de colocar um escoramento no terreno instável. Em diversos municípios, o modelo de trincheiras é regulamentado e pode exigir consulta a um engenheiro.

Nunca use uma *bulldozer* para cavar trincheiras. As escavadeiras e retro-escavadeiras podem fazer um trabalho bem mais limpo. Entretanto, quando for necessária uma raspagem superficial para expor a rocha para análise, a *bulldozer* pode ser mais adequada. Recoloque o solo raspado (se houver) quando a trincheira superficial “raspada” não for mais necessária.

Ao reencher a trincheira, recoloque a rocha e o subsolo primeiro e depois cubra com a mistura solo superficial/vegetação. Preencha as trincheiras o quanto antes após o encerramento do programa.

Coloque toda a rocha de rejeito corrosivo de volta na escavação ou buraco e preencha-o assim que possível. Reencha todas as trincheiras e buracos que contenham rocha de rejeito corrosivo com material benigno de baixa permeabilidade coberto com uma camada de cobertura compactada de pelo menos um metro de espessura. Induza o crescimento de nova vegetação com aplicação de fertilizantes e sementes. Se o solo superficial for armazenado por mais de três meses, os nutrientes se esgotarão e será

necessária fertilização para auxiliar na revegetação. Se o solo superficial for estocado por mais de seis meses, será necessária a semeadura.

Antes de projetar e construir trincheiras e buracos, leve em consideração as limitações locais. Os passos-chave na construção e reabilitação de trincheiras são ilustrados abaixo.

Administração do Solo em Declive

Em locais inclinados, faça drenagens acima das trincheiras e armazenagens de solos.

Os solos inclinados são suscetíveis à erosão. A taxa de erosão aumenta à medida que o ângulo e a extensão dos declives aumentam, devido às maiores velocidades de fluxo e a uma maior chance de abertura de canais. A textura do solo também é um fator a ser considerado ao avaliar a suscetibilidade à erosão. A tabela a seguir estabelece alguns critérios que podem ajudar nesta avaliação.

Textura do solo	Grau de Inclinação				
	0 – 3° 0 – 5%	3 – 5° 5 – 9%	5 – 17° 9 – 30%	17 – 31° 30 – 60%	>31° >60%
Fina	Moderado	Alto	Alto	Alto	Alto
Fina a média	Moderado	Moderado	Alto	Alto	Alto
Média	Baixo	Baixo	Moderado	Alto	Alto
Média a grossa	Baixo	Baixo	Moderado	Moderado	Alto
Grossa	Baixo	Baixo	Baixo	Moderado	Alto

Para reduzir a velocidade do escoamento, contorne uma inclinação longa (>30 m) ou íngreme e inclua taludes, terraços ou quebras no declive. É importante fazer a seleção cuidadosa da localização da trilha, pista e estrada ao longo do contorno do declive para reduzir o potencial de erosão e seus impactos. As atividades em inclinações devem ser conduzidas de maneira a manter o máximo possível da cobertura vegetal.

Recoloque a cobertura vegetal removida o quanto antes. Em áreas íngremes com inclinações maiores que 3:1 podem ser necessárias outras técnicas, além da revegetação, para estabilizar o declive e evitar a erosão.

Ao construir uma trincheira em uma inclinação:

- Construa a trincheira contornando a inclinação e inclua um canal ou dreno nas extremidades para permitir a saída do fluxo para uma área nivelada ou para outra área de descarga estabilizada.
- Coloque os materiais escavados nos lados da trincheira mantendo as pilhas de solo superficial e de subsolo separadas e protegidas da erosão.
- Instale um dreno no lado ascendente da trincheira para evitar que o escoamento eroda o solo superficial e o subsolo empilhados e que estes escorram para dentro da trincheira.
- Se a trincheira precisar ficar aberta por algum tempo, estabilize e revegete, o quanto antes, a trincheira, o declive e a área danificada ao redor.

- Recupere as trincheiras preenchendo-as com subsolo e solo superficial e revegetando-as, conforme necessário, ao final do programa.

Estabilização do Solo

A estabilização do solo com o restabelecimento da cobertura vegetal é o método mais econômico de controlar a erosão superficial no longo prazo, pois controla os sedimentos na fonte. Revegete o solo exposto durante a construção e a instalação de cruzamento de curso d'água após a construção. A revegetação de taludes de aterro, taludes de corte e outras áreas danificadas reduz a possibilidade de sedimentação de cursos d'água. Comece a revegetação imediatamente após a conclusão das obras.

As técnicas padrão de revegetação incluem dispersão manual ou hidrossemeadura e forrageamento usando sementes adaptadas regionalmente e misturas de forragem. Selecione misturas de sementes que sejam menos saborosas para o gado, para minimizar a atividade do gado nos locais de cruzamento. Normalmente, o período de aplicação das sementes é determinado pela conclusão da construção ou pela instalação do cruzamento do curso d'água. Semeie todo o solo exposto ao redor da instalação do cruzamento do curso d'água imediatamente após a conclusão da construção e ressemeie o local, se necessário. A hidrossemeadura é o meio mais eficaz de semear inclinações mais íngremes. O forrageamento acelera o desenvolvimento de brotos e reduz as chances das sementes serem carregadas pela água da chuva e pelo escoamento. Quando combinado com semeadura de dispersão manual, o mato é um substituto rápido e econômico da forragem para uso em áreas menores expostas perto de cruzamentos de cursos d'água. Aplique a semente e a forragem manualmente, independente do cronograma de plantação, ou com o método estabelecido para o restante do sistema viário. Esta prática pode acelerar a revegetação em locais de maior risco.

Agentes não-tecidos são pastas de fibra lenhosa e resinas (agentes adesivos) que se adaptam à terra e secam para formar uma cobertura contínua e durável de controle da erosão que fica no local até a vegetação se fixar. Os tapetes de fibras são biodegradáveis e decompõem-se lentamente conforme a vegetação se restabelece. Como ocorre com outros tipos de forragem, as matrizes de fibra vegetal seguram a semente e os fertilizantes no local e ainda permitem que a luz do sol e as plantas penetrem. Comparado com coberturas de controle de erosão convencionais, elas não requerem trabalho manual para instalação e não estão sujeitas à formação de canais subterrâneos ou abertura com drenos, como pode ocorrer com controle de erosão com esteira ou rede.

A esteira de revegetação para controle de erosão e o revestimento com semente numa rede de material biodegradável como a juta (fibras tecidas) são métodos eficazes para acelerar a germinação e o crescimento das plantas e segurar os materiais no local. Fixe a esteira ou rede no local usando estacas. Isso pode ser feito para sobrepor a maioria dos ângulos de declives adjacentes a cruzamentos de cursos d'água. A esteira de juta também pode ser usada para segurar a forragem e outros materiais no local, embora forneça pouca ou nenhuma proteção para o solo.

Em áreas perturbadas, mantenha o máximo de solo possível coberto com galhos, forragem, esteiras e vegetação temporária. Forragens, esteiras e redes são bastante eficazes na redução da erosão eólica. Revegete o quanto antes.

Uso de Veículos e Equipamentos

Equipamentos móveis e veículos podem danificar a vegetação e o solo superficial, o que acelera a erosão. Planeje atividades para minimizar os danos, tais como compactação de sulcos e solos.

Considere o seguinte:

- Faça o trabalho durante a época menos propensa a provocar danos (p.ex., inverno ou estação das secas).
- Limite o número de rotas e o volume de tráfego.
- Posicione as rotas de maneira a minimizar os danos. Utilize vias aquáticas congeladas, clareiras naturais e evite inclinações.
- Use os equipamentos e veículos mais leves possíveis (p.ex., quadriciclos em vez de caminhões).
- Transporte equipamentos pesados de apoio a levantamentos em caminhões com vários eixos.

4.2.2 Gerenciando a Drenagem e o Escoamento

Escoamento é a água que flui sobre a terra em direção ao sistema natural de drenagem dos córregos, rios e lagos de uma região. O escoamento contribui para a erosão e transporta solo para os cursos d'água. As atividades de exploração podem prejudicar o escoamento natural e os padrões de drenagem. A alteração dos padrões de drenagem com bloqueios ou desvios pode resultar em mudanças maiores nas áreas afetadas, como represamento de água ou sua privação em outras áreas. Uma vez que a drenagem em regiões áridas, normalmente, ocorre como escoamento laminar, é importante garantir que qualquer transtorno causado à terra ou à água não provoque canalização do escoamento de superfície.

Preveja as consequências de todas as atividades de exploração e tome providências para controlar a velocidade do fluxo, o volume de água e os efeitos erosivos resultantes. Conscientize-se de que, normalmente, é melhor espalhar a água do que concentrá-la. Pode ser necessário desviar o escoamento de água superficial não controlado ao redor de áreas danificadas a fim de minimizar a erosão (p.ex., escoamento em lençol, erosão por ravinas). Instale desvios de drenagem antes do início da construção de estradas ou das atividades de desmatamento e abertura de trincheiras.

Merecem atenção especial:

- Planejamento e construção de estradas e trilhas
- Localização de pontes e cruzamentos
- Uso de galerias, valas e bermas
- Presença e inclinação dos declives

Planejamento de Estradas e Trilhas

A maioria das jurisdições tem leis que regulam a construção de estradas e trilhas e é importante respeitá-las. Existem também muitas questões práticas a serem consideradas ao planejar e construir trilhas ou estradas.

Pode-se, por exemplo, ser exigida licença para cruzamento de cursos d'água. Para evitar atrasos no projeto, leve em consideração o tempo necessário para aprovação de todas as licenças. O primeiro passo ao planejar o acesso por estrada ou trilha é definir se ele é essencial ou não. Sempre dê preferência ao uso de estradas ou trilhas existentes à construção de uma nova trilha. Isso evitará a duplicação ou interferência desnecessária no meio ambiente e reduzirá os custos de manutenção das trilhas.

Uma estrada ou trilha bem planejada custará menos do que uma mal posicionada e que exija manutenção freqüente. Ao planejar uma trilha deve-se, por exemplo, considerar o volume e o tipo de tráfego previstos.

É importante:

- Evitar longos declives ininterruptos
- Criar superfícies de rodagem abauladas
- Selecionar locais que ajudem a evitar que a água seja coletada e flua ao longo da estrada

As seções seguintes exploram muitos aspectos de planejamento, elaboração e construção de estradas e trilhas a serem levados em consideração.

Planejamento

Se não houver acesso adequado e for necessário construir uma trilha (em vez de usar helicóptero para o acesso), considere as seguintes questões:

- Volume e tipo de tráfego
- Freqüência de uso das trilhas
- Por quanto tempo será necessário o acesso
- As estações em que o acesso será necessário

Considere também como o desenrolar do projeto pode afetar o uso das trilhas. Em algum momento, poderá mudar o volume de tráfego ou o tipo de equipamento que percorrerá as trilhas. Tenha em mente possíveis eventos futuros (p.ex., uma descoberta) que podem resultar no alargamento ou extensão das trilhas.

Outros fatores que influenciam o planejamento das trilhas incluem a possível necessidade de deslocar um aparelho de perfuração ao longo da superfície e de acesso para caminhões pesados.

Localização

Evite terrenos pobres ou difíceis, tais como:

- Afloramentos de rochas
- Alagados (uma depressão natural contendo água da chuva)

- Pântanos

Normalmente, as melhores localizações de trilhas estão nos cumes ou na base de declives acima do fundo do vale. É melhor manter-se fora dos fundos dos vales, pois, normalmente, a drenagem é problemática nesses locais. Reconheça, através do tipo de vegetação presente, as áreas úmidas, que podem não estar molhadas no momento da inspeção.

Exemplos de vegetação encontrada em áreas úmidas incluem:

- Turfa
- Arbustos *Buttongrass* (Austrália)
- *Bullrushes* (juncos - plantas herbáceas que nascem em pântanos)

Ao posicionar uma trilha:

- Minimize o número de cruzamentos de cursos d'água.
- Adeque a trilha à topografia para minimizar os danos com terraplenagem.
- Tente posicionar as trilhas ao longo dos contornos e evite mudanças repentinas nos gradientes. Seções íngremes de trilhas são propensas a erosão grave – incorrendo em altos custos de manutenção - e devem receber sistemas de drenagem (valas e/ou drenos cruzados) durante a construção. Evite construir trilhas niveladas, uma vez que a água irá empossar nessas superfícies planas e não drenará adequadamente.
- Onde a topografia permitir, posicione as estradas em antigos taludes (evitando o reverso de antigos deslizamentos de terra), topos de cordilheiras e declives mais planos. O ideal é construir trilhas com pelo menos 1% de inclinação (para que a água escoe), mas com um máximo de 5%, principalmente se construída em solos erodíveis ou áreas argilosas onde a tração pode ser problemática se estiverem molhados.

Quando desenvolver uma nova trilha partindo de uma estrada existente:

- Certifique-se de que o entroncamento seja discreto, porém seguro.
- Certifique-se de que haja uma visão clara do tráfego nos entroncamentos.
- Evite entroncamentos localizados exatamente no topo da montanha ou após uma curva fechada da estrada principal.
- Certifique-se de que o ângulo de entrada entre a trilha e a estrada seja aberto e que a trilha faça um "zig zag" no mato, perto da estrada, para reduzir a visibilidade onde possível.
- Certifique-se de que as trilhas construídas paralelas a um curso d'água principal estejam distantes deste curso d'água (verifique as leis locais). A regra geral é que quanto maior o curso d'água, maior deverá ser a margem de vegetação preservada nas margens.

Proteja os cursos d'água de maneira compatível com os regulamentos e diretrizes legais.

Também é importante:

- Evitar que máquinas pesadas entrem em matas ciliares, exceto para cruzar os cursos d'água em pontos de cruzamento definidos. Estas matas ciliares são reconhecidamente necessárias para resguardar a qualidade da água.
- Minimizar o máximo possível a interferência na drenagem natural.
- Construir cruzamentos das correntezas em ângulos retos com o curso d'água

Tome providências para selecionar cuidadosamente a localização da trilha. Encontre possíveis rotas para a trilha ou estrada, primeiramente usando mapas e fotos aéreas disponíveis, depois fazendo uma inspeção no campo. Investigue cuidadosamente as diversas possibilidades ou locais alternativos para as diferentes partes das trilhas propostas e percorra a pé todo o percurso da rota proposta, não apenas o seu início.

Ao planejar trilhas:

- Avalie o potencial impacto de visibilidade de diferentes rotas, não só a partir das estradas, mas também de residências locais e pontos altos nas vizinhanças.
- Considere o impacto visual no planejamento. Contrastes de cores entre o solo e o material subjacente podem gerar um alto impacto visual, que não é evidenciado quando o solo e o material subjacente são da mesma cor.
- Aprenda a reconhecer e evitar espécies raras ou valiosas de árvores.
- Estabeleça primeiro os pontos de controle (p.ex., cruzamentos de riachos ou em forma de selas) para auxiliar no posicionamento das trilhas, só então decida qual será a inclinação necessária entre os pontos de controle.
- Onde for inevitável a remoção de árvores, considere as rotas que minimizem a abertura de clareiras. Experimente e marque ambos os lados da trilha fazendo um "corredor" de fitas ao longo da rota proposta. Isto ajudará muito os escavadores contratados a fazerem uma trilha limpa.

Construção

Como normas básicas:

- Não faça trilhas mais largas do que o necessário.
- Escolha as menores máquinas possíveis para o trabalho para limitar a largura, ou use uma escavadeira.
- Reconheça que, normalmente, as trilhas feitas com escavadeiras são mais limpas e requerem menos obras de reabilitação, embora em algumas situações seja necessário usar uma *bulldozer*. Use escavadeiras sempre que possível, se necessário, junto com *bulldozers*.
- Observe que em inclinações íngremes ($>30^\circ$), provavelmente, será necessário colocar um terraço tipo banquetas.

Além disso:

- Limite a retirada de vegetação ao local de extração e remova as árvores com a mesma precaução que se toma para as trilhas.
- Não remova vegetação desnecessariamente dos lados da estrada.
- Certifique-se que as áreas de serviço sejam de tamanho e quantidade limitados. Onde possível, certifique-se que a construção de áreas de serviço, de depósitos de

combustível, equipamentos e veículos e de acampamentos estejam confinadas ao futuro alinhamento da estrada.

- Não use fundo de riachos como trilhas.

Material de Aterro e de Construção de Estradas

Sempre use os preenchimentos das picadas com prudência - não os jogue sobre uma encosta e os desperdice. Tente compactar o aterro o máximo possível, para minimizar a penetração da água e evitar que ela escoe. Quando for prevista necessidade de material de construção de estrada, localize algumas áreas-fonte boas e explore-as sistematicamente. Não retire aterro e cobertura do acostamento da estrada. O material de aterro pode ser obtido ampliando levemente as trilhas e, em alguns casos, pode ser preferível abrir uma escavação de empréstimo perto da trilha. Sempre planeje a compactação dos buracos de material de estrada e torne-os imperceptíveis a partir das estradas e pontos altos nas vizinhanças, através da seleção cuidadosa do local, do uso de barreiras naturais de vegetação, da construção de barreiras cobertas com solo de superfície e da revegetação.

Ao construir uma trilha:

- Como regra geral, corte previamente todos os troncos e árvores jovens caídos com mais de 150 mm de diâmetro antes de empurrá-los para o lado com a *bulldozer* ou a escavadeira. Qualquer madeira comercial deve ser colocada de lado para salvamento.
- Remova o solo superficial e a vegetação e armazene-os em um longo fardo, com 1 ou 2 m de altura, ao longo da trilha.
- Certifique-se que a pilha de solo superficial esteja fora do caminho do tráfego. Certifique-se que os drenos sejam construídos ao longo do solo empilhado para permitir o escoamento, caso contrário, solo superficial valioso pode ser erodido.
- Armazene o subsolo (despojo) em fardos (i.e., um monte longo e raso) ao longo da trilha, mas não o empilhe sobre o solo superficial. Limpe o solo superficial da área de armazenamento de despojo.

Em muitos casos, pode ser melhor empurrar as árvores ao longo das trilhas propostas a cortá-las. A revegetação às margens das estradas (onde um tronco caído com raízes parcialmente intactas forma a margem da estrada) é melhorada ao rebrotar de um tronco da árvore. A razão para o pré-corte é evitar o dano à vegetação periférica com a queda descontrolada de grandes árvores. Ocasionalmente, entretanto, a derrubada de árvores com cuidado pode ajudar na estabilização da margem da estrada. Geralmente, isto é aplicado na construção de trilhas estreitas em inclinações moderadas.

Drenagem

Coloque bueiros a intervalos freqüentes. Em inclinações levemente íngremes, instale bueiros a cada 30 m (ou mais próximos). De todas as falhas observadas em trilhas mal construídas, a falta de bueiros é a mais comum.

Ao instalar drenos:

- Construa bueiros em ângulos quase retos cruzando a trilha. Eles devem ter a forma de bacia, com cerca de 60 cm de largura e 30 cm de profundidade.

Normalmente, estes drenos são danificados pela passagem normal do tráfego e precisam ser mantidos em bom estado de conservação.

- Coloque o bueiro no melhor ângulo para interceptar a água do escoadouro e a um grau de inclinação suave (1 a 3%) para passar a água de um lado para o outro da trilha.
- Certifique-se de que o escoadouro e os bueiros não estejam "perpendiculares na seção transversal", como pode facilmente acontecer quando os drenos são construídos com retroescavadeira ou com escavadeira. O melhor formato é o de uma bacia rasa, pois erode com menos facilidade.

Aterros (Diques)

Use "aterros" (também conhecidos como diques) para desviar a água da trilha. Eles são feitos durante a construção das trilhas juntando-se qualquer material disponível – cascalho, pedras britadas ou até mesmo solo – em uma longa “corcova” ao longo da trilha, como um “quebra molas” usado para forçar os carros a diminuir a velocidade.

A corcova funciona direcionando a água que flui das trilhas para um lado, para um escoadouro ou área de drenagem estabilizada. Faça manutenção cuidadosa destes aterros. O material para construir o aterro pode ser obtido fazendo uma raspagem “tipo colher” com 1 a 2 m em frente do aterro durante a construção da trilha. Diques devem ser construídos em todas as estradas de acesso para reduzir os canais e valas.

Caudal

Certifique-se que as dimensões dos bueiros e dos escoadouros sejam adequadas para suportar o volume do escoamento. Em solos facilmente erodíveis, a velocidade da água nos drenos não deve ser maior do que 0,5 m/seg. Em solos mais resistentes, a velocidade não deve ser maior que 1,0 m/seg. Ao construir drenos, sempre que possível, tente manter os mesmos gradientes usados na construção das trilhas – entre 1% e 5% de inclinação.

Onde for previsto um caudal substancial:

- Fortifique os drenos com fragmentos de rocha, rampas ou canais de concreto interligados onde eles não puderem suportar o volume de água.
- Construa grandes drenos cruzados e bueiros junto com um desvio de sedimento ou uma lagoa onde a água drenada possa ser coletada, permitindo que o sedimento se acomode antes de fluir, seguindo os canais de drenagem naturais onde forem previstas cargas excessivas de lodo ou onde a qualidade da água for questionável.
- Coloque os bueiros e drenos cruzados onde o escoamento infiltra pelo solo de florestas intocadas ou em canais de drenagem naturais. Se isso não for possível, direcione a descarga para um solo compacto, não para o aterro.
- Lembre-se de verificar os drenos e bueiros com frequência e desbloqueá-los onde necessário. Um bueiro bloqueado pode causar grandes desmoronamentos.

Bueiros

Onde forem necessários bueiros:

- Instale os tubos dos bueiros numa inclinação bem suave, nem muito plana, nem muito íngreme. Isto serve para minimizar o acúmulo de lodo nos canos, que

ocorrerá se estes forem muito planos, e controlar a "limpeza" da saída do bueiro, que ocorrerá se o fluxo de água for concentrado por um tubo.

- Coloque fragmentos de rochas na área de descarga para evitar a erosão.
- Instale os canos em uma base sólida.

Em geral, o local mais conveniente para um bueiro é ao lado de uma vala. O fator mais importante para escolher a localização de um cano é garantir que ele não se movimente. Instale os canos do bueiro em linha reta e sobre uma base firme para evitar que estes se movam após o assentamento. Onde os canos se juntarem, preste atenção para que estejam retos. Use encaixes de anéis de borracha ou fitas externas onde puder ocorrer algum movimento. A espessura mínima de cobertura de solo recomendada sobre os canos é de 60 cm.

A água pode danificar rapidamente estradas e trilhas. Para evitar danos:

- Repare a drenagem nas estradas existentes
- Instale sistemas adequados de drenagem em todas as trilhas

Nunca é demais enfatizar este último ponto. Um pequeno investimento em drenagem adequada no início do projeto economizará muito tempo e dinheiro futuramente com o conserto de danos provocados pela água.

Escoadouros e Bueiros

Esta seção discute o uso e construção de escoadouros (diques) paralelos à estrada ou trilha e de bueiros que interrompem o fluxo de água nas trilhas e/ou canalizam água dos escoadouros para áreas estáveis niveladas para dispersão. O objetivo destes é evitar o fluxo direto das estradas ou trilhas em direção aos cursos d'água. Os escoadouros devem ser em formato de "bacia", com pelo menos 30 cm de profundidade e 60 cm de largura. Cave o escoadouro no lado interno da curva ou no lado do aclave da trilha e conecte-o a um bueiro construído adequadamente. Os escoadouros devem canalizar a água para os bueiros.

Cruzamento de Riachos

Bueiros Tubulares

Como o próprio nome diz, bueiros tubulares envolvem a instalação de um tubo para facilitar o fluxo da corrente sob a trilha. Tubos arredondados são instalados a uma profundidade equivalente a 40% do seu diâmetro. As condições da base do riacho devem ser replicadas dentro do tubo. O tubo deve ser coberto com cascalho e solo para formar a superfície da trilha.

Nos últimos 50 m antes da estrada cruzar um curso d'água, desvie a drenagem da estrada para a vegetação vizinha ou armadilha de sedimentos – não permita que ela siga para a corrente sem controle. Onde for necessário, instale um bueiro para passar a drenagem do lado mais alto da estrada para o lado mais baixo, e desvie a água para a vegetação adjacente.

Grandes Riachos

Grandes riachos exigem, às vezes, algo mais substancial, como um bueiro tubular ou um bueiro de toras. Cada um deles é discutido abaixo.

O tamanho do bueiro dependerá do tamanho do riacho a ser cruzado. Avalie o fluxo de água e instale os bueiros que suportem o máximo de caudal esperado. Avalie o tamanho da área de captação – não instale um bueiro com capacidade apenas para o fluxo baixo sazonal, pois, certamente, ele transbordará.

Bueiro de Troncos

Construa o bueiro de troncos colocando dois troncos de "apoio" em cada lado das margens do riacho, paralelas à sua direção, depois coloque os troncos (amarrados) atravessando o riacho, com as pontas apoiadas nos troncos de apoio. Cubra os troncos com uma barreira de percolação, e depois com cascalho ou solo. Estas são estruturas muito mais substanciais do que "ninhos" de toras ou bueiros tubulares e, normalmente, são necessárias na exploração onde precisam ser cruzados.

Outras considerações importantes a serem feitas são:

- Se o acesso só for necessário durante uma estação ou outra, considere a possibilidade de instalar uma ponte temporária que possa ser colocada no local e retirada após o uso
- Nos principais cruzamentos de riachos ou pequenos rios importantes utilizados por peixes em desova, use o bueiro de troncos ou uma ponte temporária

Esteja ciente e obedeça qualquer regulamento referente aos cruzamentos de água. Existem diversas questões a serem consideradas ao projetar uma trilha ou estrada cruzando um riacho ou corrente. Elas dependem, principalmente, do tamanho do riacho a ser cruzado.

Pequenos Riachos

Alguns riachos menores podem ser cruzados a vau. Normalmente, isto só é conveniente quando os cruzamentos não são muito frequentes. Um vau pode se tornar mais permanente concretando-se a largura da estrada ao longo do riacho. Faça isso apenas onde o riacho tiver um fluxo baixo no verão e onde forem necessários poucos cruzamentos.

Até mesmo cruzamentos de pequenos riachos requerem a instalação de um bueiro para permitir que a água corra por debaixo da estrada. Pequenos cruzamentos podem ser feitos utilizando um "ninho" de toras, colocando-as paralelas umas às outras no riacho, para que a água possa fluir entre elas. Normalmente, o cascalho e o aterro são colocados sobre uma série de toras para completar a superfície da estrada.

Uso de Trilhas

Para reduzir o uso diário das trilhas:

- Respeite as estradas e trilhas existentes. Não agrave a deterioração dirigindo em alta velocidade, usando veículos muito grandes ou sobrecarregados ou trafegando em condições climáticas extremas.
- Não use veículos com esteiras em superfícies inadequadas (p.ex., asfalto).
- Tente, sempre que possível, limitar o uso de trilhas temporárias aos meses mais secos.

Para maximizar a vida útil das trilhas:

- Mantenha uma pá no veículo para desbloquear os bueiros, quando necessário. Mantenha a água fora da superfície das trilhas o que reduzirá a despesa de manutenção.
- Faça manutenção antes das trilhas serem danificadas – não espere.
- Planeje as cargas de trabalho diárias e semanais, ou as mudanças de equipes, para que sejam feitas com o menor número possível de viagens. As viagens são, com frequência, duplicadas sem necessidade. O planejamento do tempo e a escolha do veículo apropriado minimizarão tanto as despesas quanto o impacto ambiental sobre a trilha.

Reconheça que a trilha pode estar sujeita a enchentes e planeje com base nisto. Construa as trilhas necessárias para suportar enchentes por alguns anos. A construção tradicional de estradas adota um componente de “intervalo entre enchentes” no planejamento, levando em consideração que haverá uma enchente maior que a anual a cada 10 anos, uma enchente muito grande a cada 50 anos e uma enchente enorme a cada 100 anos.

Ao reabrir uma antiga trilha, tome as seguintes providências para prepará-la para uso:

- Corte a vegetação suspensa; não a empurre para fora do caminho com uma escavadeira ou a *bulldozer*.
- Corte troncos que estejam caídos ao longo da trilha; não os retire simplesmente do caminho.
- Reabra as antigas drenagens e instale um dreno adicional onde for necessário.

Valas e Drenos

O controle da drenagem é decisivo para a retenção bem sucedida dos sedimentos tanto durante quanto depois da construção das instalações e da estrada – considere isso em relação ao padrão de drenagem existente no local. Um plano esquemático do local é a melhor ferramenta para se trabalhar ao desenvolver um plano de controle de drenagem. Os dois passos mais eficazes para a redução de problemas relacionados à água são:

- Reduzir o volume de água que entra nas valas
- Evitar que a água da vala drene diretamente para um riacho

Coloque drenos cruzados e/ou bueiros de drenos cruzados na trilha ou estrada no local que permita o maior escoamento possível de água do cruzamento da correnteza. Isto minimiza:

- A extensão da vala de aproximação (porção de vala entre dreno cruzado e correnteza) que contém água
- O tamanho da vala aberta à erosão

É importante garantir que os blocos da vala sejam:

- Instalados para desviar a água para o dreno cruzado ou valas de jusante
- Construídos de material suficiente para suportar as forças erosivas do volume de água previsto transportado pela vala

As valas de jusante drenam a água da vala ou do escoadouro para a vegetação adjacente ou para uma fossa de despejo, para fora da estrada ou trilha. Para melhorar a drenagem, faça uma brecha ou aplaine qualquer berma ou outro impedimento ao fluxo de água. Evite também drenar a água da vala diretamente para a correnteza. Drene o máximo possível de água para fora da vala e para dentro da fossa de despejo construída ou para as áreas com vegetação, permitindo que os sedimentos da vala sejam jogados para fora antes da água atingir o curso d'água.

Desenvolva um sistema de vala e bueiro de dreno cruzado em estradas permanentes ou muito utilizadas. Em estradas temporárias, use aterros (barragens) e "mergulhos" para desviar a água. Em ambos os casos, instale-os a intervalos frequentes para evitar a concentração do escoamento. Posicione os ângulos dos aterros e mergulhos para que direcionem a água para as estruturas de drenagem descendentes. As barragens e mergulhos não devem estar perpendiculares à direção do fluxo de água, pois isso produz represa ou fluxo canalizado.

Pontes e Cruzamentos

As práticas descritas abaixo aplicam-se a todas as instalações de rios com peixes. Variações das práticas apresentadas aqui podem ser confirmadas pelas agências de pesca. Ao instalar um cruzamento de rio, simule as condições que existiam antes da estrutura ser instalada. Os objetivos ambientais associados com a construção, instalação e uso de cruzamentos de rios incluem:

- Proteger os peixes e seu habitat
- Providenciar passagens para os peixes
- Evitar o impacto em ovos de peixes e alevinos (ninhadas) que estejam presentes no cascalho, ou em peixes adultos e jovens que estejam migrando ou em crescimento
- Reduzir o risco de liberar sedimento e outras substâncias prejudiciais durante as obras de cruzamento do rio

Para atingir estes objetivos, tome as seguintes medidas de proteção de riachos com peixes:

- Conclua a obra durante a janela de trabalho adequada no riacho (a estação de menor caudal no leito da corrente)
- Elimine ou reduza os problemas relacionados a sedimentos durante a instalação
- Evite que substâncias prejudiciais entrem na corrente

- Minimize ou evite danos ao habitat de peixes acima e abaixo da área necessária para a construção do cruzamento do riacho
- Certifique-se que sejam respeitadas as especificações do projeto para passagem segura dos peixes
- Revegete e estabilize o local para evitar a erosão pós-construção
- Minimize a retirada de vegetação no local de cruzamento e retenha a vegetação adjacente dentro do direito de passagem do cruzamento do rio sempre que possível, observando as exigências operacionais

Manejo da Vegetação

É importante reter o máximo de vegetação viva do sub-bosque dentro da área de manejo ribeirinho (onde a terra e a água se encontram) de qualquer cruzamento de riacho, para evitar a erosão e minimizar os danos ao habitat dos peixes. Para fazer isto:

- Remova apenas a vegetação necessária para satisfazer as exigências operacionais e de segurança das estruturas de cruzamento e dos acessos
- Considere a possibilidade de salvar arbustos enraizados durante a construção de cruzamentos para auxiliar na estabilização dos locais após a construção
- Faça o possível para minimizar os impactos ao habitat ripário dos peixes tanto a jusante quanto a montante do local de cruzamento

Derrubar e cercar as árvores nos cruzamentos de riachos pode provocar danos desnecessários para o riacho. Sempre que possível, certifique-se que a derrubada esteja longe do riacho e projete o método de derrubada, remoção das árvores e limpeza da correnteza de maneira a minimizar os danos potenciais. Por exemplo:

- Quando as obras de construções significarem um risco de erosão e danos às margens, veja se é possível fazer derrubadas direcionais e estabelecer zonas livres de máquinas.
- Onde houver árvores inclinadas, considere a possibilidade de usar técnicas de derrubada direcional
- Se for necessário que as árvores sejam derrubadas sobre o curso d'água por razões de segurança ou operacionais, levante-as ao invés de arrastá-las para fora da água para minimizar a movimentação da água e o assoreamento

Escavação e raspagem incluem a remoção de:

- Tocos
- Raízes
- Troncos caídos (não comercializáveis) ou enterrados

Evite fazer esta remoção em qualquer área de gestão ripária não necessária para:

- Construção de estradas
- Valas
- Instalação da estrutura de cruzamento

Remova, o quanto antes, os galhos e entulhos que caírem na água como consequência das derrubadas ou cercados. Coloque este material onde não possa ser reintroduzido na

correnteza por futuras enchentes. Na maioria dos riachos, esta localização é acima da elevação das planícies aluviais ativas. Quando da limpeza de qualquer correnteza não se deve remover entulhos naturais hidraulicamente estáveis.

As seguintes atividades devem ser realizadas fora da área de gestão ripária do riacho:

- Enterrar
- Abrir trincheiras
- Espalhar
- Queimar o entulho

Onde não for possível, coloque as pilhas de entulho onde não possam entrar no riacho (p.ex., não coloque na planície aluvial ativa nem em declive íngreme adjacente ao riacho).

Tipos de Cruzamentos

Tente fazer o mínimo de cruzamentos de cursos d'água e certifique-se que eles estejam em locais onde as condições naturais provoquem o mínimo de dano ao leito ou margem do rio. Se for necessário cruzar a água com frequência, construa uma estrutura adequada para minimizar a erosão.

Esta seção discute as considerações de projeto e as práticas de instalação recomendadas para vários tipos de estruturas de cruzamento de riachos. Estruturas de cruzamento de riachos com peixes devem manter, o máximo possível, as condições do riacho antes da sua instalação. O objetivo é garantir que o cruzamento não restrinja a área de corte transversal ou mude o gradiente do riacho, e que as características do leito do rio sejam mantidas ou replicadas.

A escolha e o projeto de estruturas de cruzamento de riachos com peixes são determinados por inúmeros fatores, inclusive pela sensibilidade dos habitats dos peixes, pelas exigências de engenharia, pelo custo e disponibilidade de materiais e de inspeção, manutenção e desativação. Nem todas as opções são adequadas em todos os locais.

Os tipos de estrutura a serem considerados incluem:

- Estrutura com base (parte inferior do túnel) aberta (pontes e bueiros)
- Estruturas de base fechada (tubos ondulados)
- Outras estruturas (pontes de gelo e aterros de neve)

A lista acima não impede o uso de outras estruturas ou a combinação de estruturas, contanto que elas cumpram as exigências dos regulamentos e da legislação. Esteja atento para as considerações especiais de projetos exigidas para estruturas de estradas e cruzamentos em cones de aluvião, onde os riachos estão em planícies aluviais ativas ou onde são meandriformes ou anastomosados.

Estruturas com Base Aberta

Existem dois tipos de estruturas com base aberta a serem considerados para qualquer cruzamento de riacho exigido por um programa de exploração. São eles:

- Pontes
- Bueiros com base aberta

As informações abaixo descrevem estas opções e formas de instalá-las com impacto ambiental mínimo.

Pontes

Quando projetadas e construídas com ponto de apoio que não restrinja o canal do riacho, as pontes têm um impacto mínimo sobre a passagem de peixes e seus habitats. Ao construir pontes, busque conhecimentos adequados de engenharia para garantir que provoquem o menor impacto possível.

Pontes podem ser projetadas para instalação permanente, temporária ou sazonal. Elas variam de pontes de toras amarradas (cobertas com cascalho ou madeira) a pontes de vigas de ferro (cobertas com madeira ou concreto pré-moldado). Pontes podem ser apoiadas de diversas maneiras, incluindo:

- Armações de toras
- Tubos de aço
- Muros de silos de aço
- Concreto moldado no local
- Muros de blocos pré-moldados
- Madeiramento
- Cais

Onde for possível, evite construir cais na corrente, pois podem coletar entulho das enchentes, resultando no deslizamento de terra nas fundações da ponte. Cais nos riachos também podem resultar em mudanças hidrológicas, tais como deslizamento ou deposição de sedimentos, que podem afetar adversamente o habitat dos peixes. É provável que as agências de pesca aprovelem a construção de pontes com cais de apoio apenas após todas as outras opções terem sido consideradas (p.ex., vão livre).

A decisão de usar a ponte ao invés de um bueiro pode basear-se em:

- Razões econômicas
- Exigências de engenharia
- Parâmetros do local
- Preocupações ambientais e hidráulicas
- Fatores de transporte de sedimentos e entulhos

Três exemplos de pontes são:

- Ponte de vigas de aço
- Ponte de toras amarradas
- Ponte de lajes de concreto

Deve-se notar que uma ponte de toras amarradas bem planejada e construída pode suportar a maior parte das cargas pesadas exigidas por programas de exploração e custa consideravelmente menos do que uma ponte de vigas de aço ou de lajes de concreto.

Bueiros com Base Aberta

Bueiros com base aberta são parecidos com estruturas de ponte, normalmente transpondo todo o leito do rio e minimizando o impacto ao canal da corrente natural. Eles se diferenciam das pontes, uma vez que o aterro colocado sobre essas estruturas é um elemento estrutural inteiro.

Bueiros de Toras

O tipo mais comum de bueiro com base aberta é o bueiro de toras. Ele é muito utilizado em áreas onde a disponibilidade de toras adequadas o torna uma alternativa mais econômica em substituição ao aço ou concreto. Os bueiros de toras são facilmente adaptados às exigências das enchentes e, normalmente, não apresentam risco à passagem de peixes quando toras de soleiras são colocadas no local para manter a largura do canal do riacho.

Projete o bueiro sem base transpondo a largura do canal do riacho e evitando impactos no habitat e na passagem dos peixes. Dependendo do perfil da corrente, pode ser necessário usar grandes toras de soleiras ou bueiros de toras para atingir a capacidade adequada de fluxo. Uma alternativa é usar pequenas toras de soleira, aumentando-se a amplitude, para obter toras de soleiras acima e fora da zona de limpeza da corrente.

Arcos

Outros tipos de bueiros de base aberta incluem arcos construídos com:

- Aço
- Plástico
- Outros materiais

Arcos são feitos de várias formas, variando de perfis baixos a altos e são, normalmente, instalados em fundações de concreto ou aço.

É importante diferenciar estruturas pequenas tipo arco com base aberta que exigem escavação e reconstrução do leito do rio daquelas de grandes arcos que são construídas sem danificar o leito do rio. Instale arcos pequenos sem base considerando as mesmas observações feitas para as estruturas com base fechada. Projete-os cuidadosamente para garantir que a base destes pequenos arcos fique segura e não esteja sujeita a enfraquecimento.

Instalação de Estruturas de Base Aberta

Os passos abaixo delineiam os procedimentos gerais de instalação a serem seguidos para estruturas com base aberta, pois se aplicam a riachos com peixes. Certifique-se que a escavação e o reenchimento para a fundação não ultrapassem a largura do canal do riacho.

Vibrações durante a Construção

Use os intervalos de obras no riacho para desenvolver atividades como bate estacas e explosão, que resultam em vibrações potencialmente danosas para peixes ou ovas de peixes. Pode ser necessário o salvamento de peixes para retirá-los do local de perigo.

Controle de Sedimento no Local de Trabalho

Onde for possível:

- Maneje todos os equipamentos de cima da margem do riacho
- Isole a área de trabalho dos cursos d'água
- Retenha os sedimentos dentro do local de trabalho
- Bombeie para fora a água com sedimentos jogando-a em um local estabelecido durante a construção e instalação

Drenagem

Não permita que as valas da estrada drenem diretamente para dentro da corrente. Em vez disso, desvie a água da vala para uma fossa construída ou, onde for possível, para vegetação florestal estável que possa filtrar os sedimentos antes da água atingir a correnteza.

Certifique-se que haverá drenagem cruzada adequada antes de chegar à ponte, para minimizar o volume de água dirigido para a vala de acesso nos locais de pontes. Para desviar o escoamento da superfície da estrada, considere:

- Elevar a superfície
- Usar grades de rolagem
- Empregar outras práticas (p.ex., barreiras)

Onde forem usadas valas de cruzamento, elas devem estar adequadamente ancoradas com fragmentos de rocha na saída e ao longo da base.

Restrição da Correnteza

Não permita que atividades, inclusive a colocação de fragmentos de rocha, causem qualquer restrição da largura dos canais do riacho.

Materiais Prejudiciais

Para evitar que substâncias prejudiciais entrem na correnteza, tome medidas de precaução ao usar materiais como:

- Concreto novo
- Reboco
- Tinta
- Sedimento de vala
- Combustível
- Conservantes

Se estiver usando conservante de madeira tóxico para os peixes, use-o de acordo com as normas locais.

Barreiras de Percolação

Geotêxteis podem ser usados para evitar perda de grânulos e cascalho por percolação ao longo das bordas das estruturas (p.ex., estribos e muros laterais de arcos). O tecido, as barreiras de percolação pré-moldadas ou outras medidas de trincheiras de vedação (p.ex., sacos de areia) instalados ao longo das margens da estrutura perto da admissão objetivam evitar a maior parte da percolação dos grânulos e cascalhos e mitigar uma potencial erosão do aterro de apoio que pode ocorrer ali.

Geotêxteis

Para pontes cobertas com seixos ou bueiros de toras, use um filtro sintético geotêxtil para cobrir totalmente as vigas ou tome alguma outra medida para evitar que o material da estrada entre na correnteza.

Desvios

Construa desvios a uma distância suficiente da ponte para evitar que materiais da estrada entrem na correnteza e para minimizar os impactos na vegetação ripária.

Estruturas com Base Fechada

Estruturas com base fechada para cruzamentos de riachos de peixes são tubos ondulados (metal ou plástico) que, encaixados para reter o substrato da corrente, fornecem habitat e passagem para os peixes. Estruturas com base fechada não são permitidas em habitats essenciais para peixes, mas são uma opção para uso em pequenas correntes com uma largura de canal de corrente de até 2,5 m e para um gradiente médio de corrente de até 6%.

Simulação de Correnteza

Experiências demonstraram que as estruturas com base fechada podem ser instaladas com sucesso quando são levadas em consideração as condições do local e os parâmetros de projeto da estrutura. A simulação da corrente (também conhecida como metodologia de ancoragem) requer a seleção de um bueiro (tubo) com abertura adequada para abranger a largura do canal da corrente e imitar o leito do rio dentro do bueiro, revestindo a base com o substrato representativo do leito do rio. Complemente os materiais do substrato natural com material de maior tamanho para ajudar a reter o substrato dentro do bueiro e auxiliar a passagem dos peixes. Imitando a largura do leito do rio e do canal da corrente, as características do fluxo de corrente do bueiro refletirão aquelas do fluxo da corrente natural.

O uso de estruturas com base fechada em correntes de peixes requer projeto e leiaute cuidadosos, prestando atenção especial à passagem e ao habitat dos peixes enquanto durar a estrutura.

Perfil da Correnteza

Monte um perfil detalhado do leito do rio existente por uma grande distância a jusante e a montante do cruzamento proposto (aproximadamente 50 m em cada direção) e estabeleça níveis de referência para controle de elevação e de construção. O objetivo é modelar com precisão o perfil do leito do rio, para determinar o declive do bueiro, as elevações e as

condições do leito do rio. Normalmente, os riachos com afloramentos de substrato ou pouca variação na elevação do leito requerem perfis mais curtos.

Instalação de Bueiros

Projete e instale um bueiro com base fechada na mesma inclinação da corrente, mantendo no seu interior as mesmas características do substrato da corrente. Para peixes em migração, isso não irá impor nenhuma mudança ou estresse, nem induzirá qualquer atraso na estrutura de cruzamento na migração a montante. O transporte do substrato deve passar pelo bueiro naturalmente e não deve haver formação de sedimento a montante, nem privação dele a jusante.

É extremamente importante a colocação vertical do bueiro em relação ao perfil longitudinal geral da corrente. O perfil longitudinal do leito do rio deve ser usado para garantir que o bueiro esteja localizado em um ponto mais baixo ao longo do leito do rio. Lembre-se que o bueiro deve seguir a inclinação do leito do rio. Observe a ocorrência de qualquer outra anomalia não permanente (p.ex., grandes áreas de acúmulo de entulho), pois podem não ser uma localização adequada para a instalação de bueiro.

Onde for possível, mantenha o padrão de meandro original da corrente. Não instale uma estrutura com base fechada na curva do rio, pois pode levar à erosão da margem e a problemas com entulho. Quando isso não puder ser feito, reposicione a estrutura de cruzamento ou escolha um outro tipo de estrutura de cruzamento como uma estrutura com base aberta.

Tamanho do Tubo

A largura do canal do riacho deve determinar o diâmetro ou largura necessários para o bueiro. Certifique-se que a largura do leito do rio replicado ou simulado dentro do bueiro seja igual ou maior do que a largura do canal do riacho, para imitar a corrente natural e evitar deposição, força erosiva ou outros danos na saída. Seguem abaixo os fatores que ajudam a determinar a largura adequada do canal.

O tamanho da estrutura com base fechada deve ser projetado para suportar, após a embutidura, o caudal de pico que ocorre a cada 100 anos. O fluxo deve ser determinado e o tubo aumentado se não puder suportar o caudal de pico que ocorre a cada 100 anos.

Determinando a Largura do Canal de Correnteza

Fatores para determinar a largura adequada do bueiro incluem:

- Profundidade do aterro
- Ângulo de inclinação do bueiro em relação à estrada
- Gradiente do bueiro
- Largura necessária da estrada

Projete a estrutura com base fechada adequadamente para evitar que o material do declive lateral e do aterro entre no bueiro ou no canal de fluxo. Use fragmentos de rocha para oferecer proteção contra escavação de materiais potencialmente expostos à erosão.

Embutidura

Para bueiros circulares, a embutidura deve ter, pelo menos, 40% do diâmetro do bueiro, ou 60 cm, o que for maior. Para tubos em arco ou aquedutos, a profundidade da embutidura deve ser de, pelo menos, 20% da altura vertical do arco.

Para permitir uma embutidura adequada, o leito do rio requer camadas suficientes de cascalho, areia, calhau ou outro sedimento não consolidado sobre o substrato. Se houver pouco leito do rio disponível para escavação, as estratégias para mergulhar e embutir bueiros se tornarão impraticáveis.

Colocação de Substrato Dentro do Tubo

Para colocação de substrato com sucesso, é importante conhecer o tipo de material encontrado no leito do rio natural e ter uma descrição detalhada para replicar este material. Como regra geral, o tamanho do material dentro do bueiro deve ser parecido com o tamanho do material no canal da corrente natural. A rugosidade hidráulica da base do bueiro está relacionada ao tamanho do material do leito. A rugosidade hidráulica, portanto, está relacionada com as velocidades da água e sua profundidade dentro do bueiro.

Com base numa especificação projetada para graduações, preencha a estrutura com base fechada com material do substrato até o nível do leito do rio original, usando material limpo e classificado e com material suplementar de tamanho igual ou maior que as partículas do canal da corrente. Use uma mistura heterogênea de vários tamanhos de substrato que contenha material fino suficiente para selar o leito do rio. Onde este leito não estiver selado, pode ocorrer o escoamento subsuperficial, criando uma barreira para a passagem dos peixes. Pode ser necessário complementar o substrato com areia e cascalho para selar o leito. Lave o leito de rio simulado e intercepte o sedimento na saída do tubo antes dele entrar na corrente.

Quando estruturas com base fechada são instaladas em correntes com gradientes entre 3% e 6% é ainda mais importante a colocação de material complementar de granulação maior (D90+). (Nota: D90 é definido como a classe de maior tamanho de material de substrato de leito de rio que pode ser movido por água corrente. Aproximadamente 90% do material do substrato do leito do rio serão menores do que esse tamanho.) Material muito grande pode ser problemático, criando uma rugosidade hidráulica maior, e carregando os grânulos através da fraca granulometria dos materiais de embutidura.

Nestes gradientes, certifique-se que o tubo seja largo o suficiente para permitir a colocação e orientação física dos elementos maiores. Isto deve ajudar na retenção do substrato e na prevenção de erosão no bueiro. O projeto deve observar as dimensões e a quantidade de material adicional de granulação maior. Estabeleça um caminho de talvegue (canal de estiagem) pelo bueiro para permitir a passagem de peixes na estiagem.

Estruturas com base fechada para cruzamentos de riachos de peixes são tubos ondulados (metal ou plástico) que, encaixados para reter o substrato da corrente, fornecem habitat e passagem para os peixes. Estruturas com base fechada não são permitidas em habitats

importantes de peixes, mas são uma opção para uso em pequenas correntes com canal de riacho de até 2,5 m de largura e para gradiente médio de corrente de até 6%.

Simulação de Corrente

Experiências demonstraram que as estruturas com base fechada podem ser instaladas com sucesso quando consideradas as condições do local e os parâmetros de projeto da estrutura. A simulação do riacho (também conhecida como tecnologia de embutidura) requer a seleção de um bueiro (tubo) de abertura adequada para cercar a largura do canal do riacho e imitar o leito do rio dentro do bueiro, revestindo a base com o substrato representativo do leito do rio. Complemente os materiais do substrato natural com material adicional de maior granulação para ajudar a reter o substrato dentro do bueiro e auxiliar a passagem dos peixes. Ao imitar a largura do leito do rio e do canal do riacho, as características do caudal do bueiro refletirão as do caudal do riacho original.

O uso de estruturas com base fechada em correntes de peixes requer projeto e leiaute cuidadosos, prestando atenção especial à passagem e ao habitat dos peixes enquanto durar a estrutura.

Perfil da Corrente

Construa um perfil detalhado do leito do rio existente por uma grande distância a jusante e a montante do cruzamento proposto (aproximadamente 50 m em cada direção) e estabeleça níveis de referência para controle de elevação e de construção. O objetivo é modelar, com precisão o perfil do leito do rio, para determinar a inclinação do bueiro, as elevações e as condições do leito do rio. Normalmente, as correntes com afloramentos de substrato rochoso ou pouca variação na elevação do leito requerem perfis mais curtos.

Instalação de Bueiros

Projete e instale um bueiro com base fechada na mesma inclinação do riacho mantendo, no seu interior, as mesmas características do substrato da corrente. Para peixes em migração, isto não irá impor nenhuma mudança ou estresse, nem induzirá qualquer atraso na estrutura de cruzamento na migração a montante. O transporte do substrato deve fluir pelo bueiro naturalmente, e não deve haver formação de sedimento a montante, nem privação dele a jusante.

É extremamente importante a colocação vertical do bueiro em relação ao perfil longitudinal geral da corrente. O perfil longitudinal do leito do rio deve ser usado para garantir que o bueiro esteja localizado num ponto mais baixo ao longo do leito do rio. Lembre-se que o bueiro deve seguir a inclinação do leito do rio. Observe qualquer outra anomalia não permanente (p.ex., grandes áreas de acúmulo de entulho), pois podem não ser a localização adequada para instalação de bueiros.

Onde for possível, mantenha o padrão de meandro original da corrente. Não coloque uma estrutura com base fechada na curva do rio, pois isso leva à erosão da margem e a problemas com entulho. Quando isto não puder ser feito, reposicione a estrutura de cruzamento ou escolha um outro tipo de estrutura de cruzamento como estrutura de base aberta.

Instalação de Estruturas de Base Fechada

Os passos abaixo descrevem os procedimentos gerais de instalação a serem seguidos para estruturas com base fechada em riachos com peixes.

Planejamento

Entregue todo o material necessário e mobilize os equipamentos antecipadamente, para que a instalação possa ocorrer sem demora em um leito seco dentro do intervalo de tempo adequado. Empregue técnicas adequadas de isolamento do local de trabalho durante a instalação das estruturas com base fechada.

Levantamento

Determine o local de trabalho com instrumentos precisos, incluindo as referências horizontal e vertical de campo, para estabelecer com exatidão a elevação (altimetria) e a inclinação da embutidura do bueiro durante a construção.

Preparação do Leito

Prepare e nivele o leito do bueiro para que esteja de acordo com a elevação (altimetria) e a inclinação do projeto, usando padrões e instrumentos precisos. Certifique-se que o corpo da estrutura de canal fechado seja colocado a uma profundidade adequada no leito do rio e no mesmo gradiente de corrente original conforme mostrado pelo levantamento de perfil longitudinal. Certifique-se que a fundação do bueiro, as paredes das trincheiras e os preenchimentos estejam livres de toras, tocos, ramos ou rochas que possam danificar ou enfraquecer os canos.

Barreiras de Percolação

Considere a possibilidade de usar geotêxteis para evitar a perda de grânulos ou cascalho pela percolação ao longo da parede do bueiro. O tecido ou outra medida de vedação (p.ex., sacos de areia, barreiras de percolação pré-moldadas) colocados ao longo do bueiro perto da saída objetivam barrar a maior parte da percolação e mitigar uma potencial erosão do aterro de apoio que pode ocorrer ao longo do tubo.

Drenagem

Não permita que as valas laterais direcionem a drenagem para dentro da corrente. Em vez disto, desvie a água da vala para uma fossa ou, onde for possível, para vegetação de floresta estável que possa filtrar os sedimentos antes da água atingir a correnteza. Certifique-se que haja uma drenagem cruzada adequada antes do acesso do bueiro, para minimizar o volume de água dirigido para as valas de acesso nos locais de bueiro. Considere a possibilidade de usar barragens para desviar o escoamento na superfície da estrada. Onde forem usadas valas de cruzamento, estas deverão estar adequadamente escoradas com fragmentos de rocha na saída e ao longo da base.

Restringindo a corrente

Não permita que qualquer atividade, inclusive a colocação de fragmentos de rocha, provoque a restrição da largura do canal da corrente.

Proteção contra Erosão

Comece a verificar a erosão de todo o solo mineral exposto o quanto antes após a interferência.

Represa a Jusante

Faça uma represa na corrente com 1,5 a 2 canais de largura a jusante da saída do bueiro, principalmente para correntes maiores do que 3% do gradiente, para reter substrato dentro do bueiro e evitar a formação de uma bacia de dissipação. A profundidade residual da bacia formada por esta represa a jusante deve ser menor do que 30 cm.

Pontes de Gelo

Pontes de gelo são estruturas eficazes de cruzamento de corrente nos climas frios para grandes riachos e rios, onde a profundidade da água e o caudal sob o gelo são suficientes para evitar que a estrutura entre em contato com o fundo da corrente (encalhe) e onde não haja preocupação com bloqueio por gelo de degelo. O encalhe pode bloquear o caudal e a passagem dos peixes e provocar uma força erosiva no canal da corrente.

Projeto de Pontes de Gelo

Considere os seguintes itens ao projetar pontes de gelo:

- Profundidade da água
- Caudal diário mínimo no inverno
- Substrato
- Localização do cruzamento
- Resistência máxima a ruptura
- Tempo de uso
- Espessura necessária do gelo
- Construção do acesso
- Manutenção e monitoria
- Desativação

Instalação de Pontes de Gelo

Os passos a seguir descrevem os procedimentos gerais de instalação de pontes de gelo quando se referem a riachos com peixes:

- Verifique se o uso de toras como material de reforço pode causar algum problema. Pode ser que as toras, se deixadas no local durante o degelo da primavera, contribuam para bloquear o entulho e aumentar o risco de enchente, alterar o canal do rio, provocar erosão e perda do habitat. Se for um risco inaceitável, não use toras de madeira. Na maioria dos casos, a remoção das toras de uma ponte de gelo em degelo não é uma prática segura. Nestas situações, pode ser aceitável a remoção de todas as toras, com exceção das mais baixas, da ponte de gelo.

- Meça e registre, regularmente, a espessura do gelo e a profundidade do riacho. Evidências de encalhe ou de um maior risco de encalhe da base de gelo com a base do riacho podem exigir que a ponte seja temporária ou permanentemente desativada.
- Posicione as pontes de gelo onde o corte na margem da corrente seja minimizado durante a construção dos acessos. Remova todo o entulho e a sujeira e coloque-os em um local estável acima da marca de fluxo mais alto do riacho.
- Construa acessos de neve e gelo limpos compactados numa espessura adequada para proteger as margens do riacho e a vegetação subjacente. A construção deve começar a partir da superfície do gelo. Onde houver uma disponibilidade limitada de neve, pode-se usar cascalho (se estiver disponível localmente e for retirado de buracos autorizados) para construir o acesso. Remova este cascalho quando a ponte de gelo for desativada.

Quando da desativação, remova todos os acessos à ponte de gelo. Refaça o contorno e revegete as margens do riacho onde o solo tiver sido exposto, tomando todas as providências necessárias para estabilizar o local e facilitar seu retorno a um estado de vegetação.

Aterros de Neve

Os passos seguintes descrevem os procedimentos gerais de instalação para aterros de neve quando se referem a riachos com peixes:

- Construa preenchimentos de neve com neve limpa, apenas quando houver quantidade suficiente disponível para a construção. Inicie a construção após o riacho estar totalmente congelado perto da base, após o riacho ter parado de fluir ou quando houver gelo suficiente sobre a corrente para evitar que o peso da neve represe qualquer água livre sob o gelo. Onde for possível, coloque neve dentro do canal da corrente usando uma escavadeira. Tratores de esteiras podem ser usados para empurrar neve para o canal da corrente, mas apenas se puderem empurrar a neve sem sujeira e entulho.
- Coloque um bueiro tubular, um tubo de aço pesado ou um fardo de toras limpas, sem galhos e sem a copa dentro do canal da corrente para permitir o movimento da água por debaixo onde for previsto o caudal durante o degelo periódico do inverno. Não é aceitável o uso de toras nos riachos onde for necessária a migração de peixes no inverno. Tubos de aço pesado são mais fáceis de recuperar e têm menor chance de esmagamento com o peso e durante a remoção.
- Não cubra o aterro de neve com solo. Há o risco de que o solo colocado dentro dos canais do riacho flua para dentro da corrente durante o degelo de inverno.

- Remova qualquer aterro de neve que possa provocar danos ao riacho durante o aquecimento do clima e reconstrua um novo preenchimento de neve quando voltar o clima mais frio.
- Remova todos os aterros de neve e materiais antes do derretimento da primavera e coloque os materiais acima da marca normal de fluxo mais alto do riacho, para evitar que produzam sedimento e erosão. Na desativação, tome todas as medidas necessárias para estabilizar o local e facilitar seu retorno para um estado vegetado.

Os aterros de neve são opções a serem consideradas para uso sazonal, dependendo do local, época do ano e de outras restrições ambientais que se apliquem. Construa e desative preenchimentos de neve de forma a não afetarem os peixes ou seu habitat ao se fragmentarem. A desativação é difícil e, normalmente, resulta em interferência no canal quando o material congelado adere às toras.

Construa aterros de neve preenchendo o canal com neve limpa compactada (p.ex., livre de sujeira ou entulho). Considere seu uso apenas se a corrente estiver seca ou a água estiver congelada até a base do riacho. Fardos de toras ou bueiros podem auxiliar no caudal não previsto devido às enchentes não sazonais. Para evitar impactos adversos na corrente, remova os fardos de toras, os bueiros e a neve antes do degelo da primavera.

Vaus

Vaus, construídos como estruturas de cruzamento, podem resultar na decomposição do habitat pela sedimentação, compactação do canal e criação de barreiras para a passagem de peixes. Por estas razões, as agências autorizadoras não encorajam a construção de vaus nos riachos com peixes. Se estiver considerando a construção de um vau, consulte a agência de pesca adequada.

Normalmente, a construção de vaus em riachos com peixes é limitada a um local e uma passagem de nível (ida e volta) para cada peça de equipamento necessário para a construção no outro lado. Onde for necessária movimentação extra de equipamentos, obtenha aprovação da agência de pesca adequada, independente do tipo de habitat.

Use um cruzamento temporário ou outras práticas para proteger o leito ou margem do rio, se estes forem altamente erodíveis (p.ex. dominados por material orgânico, lodo, marga de lodo), ou se puderem provocar erosão significativa e sedimentação da corrente, ou degradação do canal da margem ou do riacho com o cruzamento de equipamentos pesados.

Controle de Sedimentos

É importante conter o escoamento com sedimento para que as partículas do solo possam ser removidas usando métodos de filtragem ou fixação.

Controle o máximo possível de sedimento na fonte. Uma vez arrastado pela água, fica mais difícil controlá-lo. Para controlar com eficácia o sedimento durante a escavação ou construção, use os seguintes métodos, isoladamente ou combinados:

- Armadilhas ou bacias de sedimentos
- Cercas de silte
- Diques e bacias de fardos de palha
- Geotêxteis

Armadilhas e bacias de sedimentos podem ser buracos simples e pequenos ou estruturas de engenharia grandes e complexas projetadas para represar grandes quantidades de sedimentos. Cercas de siltes e fardos de palha, por sua vez, destinam-se a interceptar e filtrar volumes pequenos de escoamento laminar com sedimento, antes de atingirem o curso d'água. Eles são mais relevantes para programas de exploração.

Não use cercas de silte como filtros dentro do curso d'água, pois têm capacidade limitada para passagem de água. Na conclusão da atividade de exploração, remova estas estruturas de controle temporário e estabilize o sedimento.

É importante controlar o escoamento e remover o sedimento de drenagens desviadas. Os vários métodos que podem ser usados incluem:

- Barreiras
- Armadilhas
- Instalação de reservatórios

Estes métodos diminuem a velocidade do fluxo de água e permitem que o sedimento em suspensão se acomode ou que seja capturado nos filtros. O tipo de barreira a ser escolhido deve considerar:

- Os materiais disponíveis
- A configuração da drenagem
- O tamanho das partículas de sedimento em suspensão
- A velocidade do escoamento
- As condições do local

Os tipos de barreiras incluem:

- Fardos de palha e sacos de areia, incluindo filtros sintéticos geotêxteis
- Cercas de silte
- Barreiras de escovas (brush barriers)
- Desvios e represas
- Armadilhas ou bacias de sedimentos

Estas barreiras e/ou armadilhas podem controlar temporariamente os sedimentos em locais com baixo volume de água e sedimento. As barreiras podem ser colocadas após valas ou drenagens a intervalos periódicos, no perímetro da área perturbada e em entradas de drenos de tempestade. As armadilhas e bacias também podem filtrar os sedimentos com eficácia.

Fardos de Palha e Sacos de Areia

Fardos de palha e sacos de areia adaptam-se melhor quando é necessário um controle temporário, relativamente menor da erosão, enquanto estão sendo estudadas soluções mais permanentes. Entretanto, não use sacos de areia como filtros dentro de um curso d'água, pois têm capacidade limitada para passagem de água.

Quando utilizados adequadamente, os fardos de palha podem ser eficazes para interceptar o escoamento laminar na base de um declive ou agindo como uma barragem de correção na linha da vala de uma estrada. Não fixe fardos de palha uns sobre os outros. Evite que ervas daninhas e capim não nativo sejam espalhados com o uso de fardos de palha. Normalmente, fardos de feno contêm a porção comestível da grama e mais sementes do que os fardos de palha.

Fardos de palha e sacos de areia requerem inspeção rotineira, manutenção e reparo freqüente, principalmente após as chuvas. Para ampliar sua vida útil, ao instalar as barreiras:

- Use fardos de palha com fios de arame ou nylon (menos suscetíveis a apodrecimento).
- Escave uma trincheira da largura dos fardos e com 15 cm de profundidade.
- Coloque os fardos de palha de lado e estaque-os no local. Atravesse pelo menos duas estacas de metal por cada fardo e enterre-as pelo menos 30 cm no solo. Ajuste a primeira estaca na direção do fardo colocado anteriormente e passe-a pelo primeiro e segundo fardos.
- Cubra e aplaine qualquer solo escavado ao longo da porção a jusante da barreira.
- Coloque tecido geotêxtil com barreiras de fardos de palha ou use-os junto com a cerca de silte para melhorar sua eficácia.

Para garantir que as barreiras de fardos de palha ou de sacos de areia permaneçam eficazes:

- Remova, regularmente, os sedimentos depositados e coloque-os fora do local
- Substitua fardos estragados ou sacos de areia danificados

Cercas de Silte

Inspecione completamente o filtro ou cerca de silte após cada chuva ou tempestade e conserte-o imediatamente, se necessário. Remova os sedimentos regularmente para manter a barreira em funcionamento e não permita que os sedimentos atinjam a metade da altura da cerca. Posicione adequadamente o material escavado para fora do local e nunca o coloque num declive. Se forem instalados adequadamente e receberem manutenção regular, a eficácia de filtros ou cercas de silte será excelente.

Após a conclusão do trabalho, remova cuidadosamente as estruturas da cerca de silte para evitar que o sedimento retido entre no curso d'água ou seja remobilizado durante a próxima chuva ou tempestade.

Filtros ou cercas de silte são projetados para interceptar o escoamento superficial em inclinações de graus variados. Eles retêm o solo no local e reduzem a velocidade de

escoamento pelas áreas abaixo da cerca. Cercas de silte são eficazes e podem ser usadas para interceptar o solo em declives e valas degradados e para isolar as áreas de trabalho do riacho. O objetivo é evitar que os sedimentos entrem nos fluxos canalizados.

Construa estas barreiras em série, dependendo do tamanho da área que contribui para a drenagem. Uma regra básica é usar 30 m de cerca para cada 0,1 ha. de área de drenagem. As cercas exigem manutenção regular para manter sua funcionalidade, assim, é necessário fazer um acesso. A construção de filtros ou cercas de silte envolve a colocação de tecido de filtro nas estacas de madeira. Dependendo das especificações do local, coloque as estacas em centros de 1 a 2 m. Construa uma trincheira ao longo da base da cerca de palha e enterre aproximadamente 20 cm do tecido de filtro (um geotêxtil permeável adequado) tanto vertical quanto horizontalmente, para prender o tecido no local. Após fixar com segurança o tecido do filtro a montante das estacas de madeira, preencha a trincheira e compacte o solo contra o tecido de filtro. A média de vida útil de filtros ou cercas de silte é de seis meses a um ano.

Desvios e Represas

Os sedimentos levados para os canais do riacho podem prejudicar os peixes e seu habitat. A maior parte da sedimentação ocorre no primeiro ano, quando os solos estão expostos durante e imediatamente após a construção da estrada ou o desmatamento. A quantidade de sedimento gerada no cruzamento de um riacho ou na construção ou escavação do local está diretamente relacionada:

- À sensibilidade do solo à erosão
- À quantidade de área exposta ao escoamento ou ao caudal
- Ao dano causado pela construção do acampamento ou estrada

Os desvios e represas redirecionam a água para fora dos locais perturbados ou criam áreas de trabalho "secas" nas correntezas, minimizando assim os efeitos da erosão da água corrente.

É fundamental evitar a sedimentação com a minimização das perturbações às margens do riacho e com a retenção da vegetação subjacente. Muitos riachos pequenos e locais de trabalho adjacentes estão secos na estação das secas, permitindo a construção ou escavação sem a necessidade de tomar medidas especiais para controle da erosão e dos sedimentos. Quando há água, a maior parte dos problemas de erosão e sedimentos pode ser evitada com o uso de métodos que controlam os sedimentos na fonte e evitam que entrem na água corrente.

A solução é isolar a água corrente do local de trabalho. Durante os períodos de chuvas intensas ou contínuas:

- Suspenda as atividades de trabalho, pois podem levar sedimentos para a corrente e afetar adversamente os recursos hídricos
- Adote medidas para minimizar o risco de levar sedimentos para a corrente

Armadilhas ou Bacias de Sedimentos

Armadilhas ou bacias de sedimentos são buracos escavados que captam os sedimentos grossos das linhas das valas antes que entrem na corrente. Para serem eficazes, deve-se remover, regularmente, todos os sedimentos das armadilhas e bacias, enquanto estiverem no local. Onde houver um cruzamento de riacho, direcione a água da vala para uma armadilha ou bacia de sedimento.

Se for encontrada ou prevista uma grande quantidade de água durante as operações de sondagem ou de abertura de trincheiras, construa uma bacia de sedimento (buraco de lama). Bacias de sedimentos adequadamente construídas reduzem ou eliminam a poluição da água, fornecendo bacias para depósito e armazenamento de lama, areia, cascalho, pedra, testemunhos de sondagem e outros entulhos.

Bacias de sedimentos podem ser usadas junto com medidas de controle de erosão na fonte do sedimento ou onde a bacia de sedimento oferecer a solução mais prática para o problema. Fardos de palha e cercas de filtros funcionam eficazmente com bacias de sedimentos.

Terrenos Especiais

Alguns terrenos podem ter ecologias exclusivas, especialmente sensíveis às interferências na terra. É importante reconhecer as vulnerabilidades desses terrenos e trabalhar ao redor deles para minimizar qualquer impacto. As seções seguintes discutem sobre terrenos específicos e as medidas aplicáveis a eles.

Terrenos Árticos e Alpinos

Normalmente, terrenos árticos e alpinos são muito frágeis e altamente sensíveis a mudanças. Estas regiões têm taxas de crescimento muito lentas e qualquer transtorno pode durar muito tempo. Se possível, evite a construção de estradas nestas áreas. As trilhas são difíceis de construir e quase impossíveis de serem recuperadas. É preferível usar veículos a tração de baixa pressão na terra, quando houver cobertura adequada de neve, ou então, utilizar helicópteros.

Para minimizar a perda de solo superficial em terrenos alpinos, preserve ao máximo a cobertura vegetal. Se houver necessidade de construir uma estrada para transporte de equipamentos e suprimentos em terrenos árticos, use uma estrada de inverno. Use apenas neve e gelo limpos como materiais de aterro, minimizando assim os danos ao frágil ambiente ártico, uma vez que a terra estará congelada. Demarque bem a rota, para limitar o tráfego ao caminho selecionado e evitar que os veículos se percam durante más condições de tempo.

Terrenos Áridos e Tropicais

Veja seção à parte sobre Clima Árido.

Terrenos áridos e tropicais são especialmente suscetíveis à erosão. Em terrenos áridos, o vento pode ser o principal agente de erosão. Tente preservar o máximo possível da cobertura vegetal original para minimizar a perda de solo superficial.

Terrenos tropicais são suscetíveis à erosão devido aos altos volumes de chuva. O controle da drenagem é muito importante para minimizar a perda do solo superficial, uma vez que, normalmente, a camada superficial de solo é muito fina. Pode ser necessário reduzir o trabalho durante a estação das chuvas.

Áreas Ripárias (marginais de cursos d'água)

A área onde a terra e a água se unem é chamada de zona ripária. É uma zona de transição, contendo elementos tanto da terra acima do leito quanto do ecossistema aquático. Por isso, é o ambiente mais produtivo na floresta.

A menos que seja orientado de outra forma, mantenha um mínimo de 90 m de zona tampão de vegetação intocada entre as trincheiras, desmatamentos e operações de sondagem e qualquer lago, riacho ou rio principal. Deixe 30 m de zona tampão de vegetação intocada entre qualquer corpo de água e acampamentos, a menos que seja aprovado de outra forma.

Pântanos

O termo "pântano", para fins deste manual eletrônico, abrange todas as áreas pouco drenadas, por exemplo:

- *Muskeg* (pântano comum em regiões de tundra, Canadá)
- Planície *Buttongrass* (Austrália)
- Charnecas
- *Marshes* (Pântanos)
- *Page zones*
- Pântanos
- Mangues

Estas áreas são altamente sensíveis ao impacto ambiental e, geralmente, levam um longo tempo para se recuperarem. Sempre que possível, evite estas áreas ao posicionar estradas ou trilhas. Se for necessário atravessar estas áreas, tente fazê-lo durante o período das secas quando provocará o menor impacto (p.ex., estação das secas, período congelado, coberto de neve) e use veículos de baixa pressão na terra. Normalmente, as trilhas pelos pântanos deixam marcas muito visíveis que duram muitas estações.

Praias e Dunas de Areia Costeiras

São cadeias de areia com vegetação, chamadas dunas, construídas pela areia seca da praia impelida pelo vento para o interior e concentrada pelas plantas e outras obstruções, atrás de muitas praias. À medida que acumulam areia, as dunas se tornam mais altas e largas.

Dunas de areia estáveis desempenham um papel importante na proteção do litoral. Elas agem como proteção contra os danos provocados pelas ondas durante as tempestades protegendo a terra atrás delas do avanço da água salgada. Esta barreira de areia permite o desenvolvimento de colônias mais complexas de plantas em áreas protegidas da inundação da água do mar, da maresia e dos ventos fortes. As dunas também agem como um reservatório de areia para reabastecer a praia em casos de erosão.

A vegetação nas praias e nas dunas de areia tende a ocorrer em faixas, de acordo com o grau de exposição às duras condições litorâneas.

Mais perto do mar estão as zonas pioneiras, que se estendem para o interior a partir da linha de sedimentos na parte mais alta da praia até a crista da duna frontal. Apenas plantas precursoras especializadas podem colonizar o declive em direção ao mar e a crista da duna frontal, uma vez que estas áreas são expostas a:

- Maresia
- Rajadas de areia
- Ventos fortes
- Marés altas

Normalmente, estas plantas são protegidas por coberturas cerosas ou pilosas nos caules e folhas e crescem rente ao chão, oferecendo pouca resistência ao vento. Têm fortes sistemas de raízes e espalham-se rapidamente, criando uma malha de galhos rasteiros. Assim, se uma parte está enterrada em areia em movimento ou for arrancada, outra parte pode continuar a crescer. Assim, elas servem para estabilizar a areia, formando e construindo dunas.

As dunas de areia frontais são vulneráveis. A vegetação pode ser destruída por causas naturais, tais como:

- Tempestades
- Ciclones
- Secas ou queimadas

Os mesmos efeitos podem resultar da interferência humana, tais como:

- Desobstruções
- Pastos
- Veículos
- Excesso de pedestres

Se a cobertura vegetal for danificada, ventos fortes podem provocar “depressões eólicas” ou falhas na cadeia da duna. A menos que sejam reparadas, estas depressões eólicas aumentam de tamanho e, às vezes, todo o sistema da duna migra para o interior, cobrindo tudo em seu caminho. Enquanto isto, com seu reservatório de areia diminuído, a erosão da praia pode levar a uma recuo da costa.

As dunas de areia são suscetíveis à erosão eólica. Procure sempre reter toda a cobertura vegetal ao trabalhar em área de dunas. Normalmente, a estabilização das dunas de areia

depende da sua forma específica e da frágil cobertura vegetal. Pequenos cortes ou alterações limitadas do formato das dunas podem, por vezes, provocar depressões eólicas.

Por estas razões, não faça trilhas em áreas de desenvolvimento de dunas a menos que sejam absolutamente necessárias. Sempre que possível, prenda as cercas com estacas, sem cortá-las. As dunas, com suas coberturas de grama e outras plantas, são tão frágeis que mesmo as pisadas de pessoas podem danificar ou matar as plantas e enfraquecer as dunas. Sempre que possível, evite dirigir sobre dunas, pois os pneus destroem a vegetação, aumentando a chance de destruição das dunas. Portanto, é de vital importância tomar todas as medidas necessárias para proteger a vegetação nas áreas de desenvolvimento de dunas de areia litorâneas.

Por trás das dunas litorâneas, em áreas protegidas do vento e da maresia, a vegetação depende das condições locais (p.ex., pântanos de água doce, sulcos bem drenados). Estas zonas não são estáveis. À medida que as plantas crescem mais e o húmus se acumula (p.ex., folhas caídas), mudam a exposição ao sol e as condições do solo. O solo torna-se mais rico e retém mais água. Isto permite que os arbustos e as matas se movam para o interior e o tipo de vegetação mude através de um processo chamado sucessão.