

HÍDRICON – CONSULTORIA DE RECURSOS HÍDRICOS  
&  
CENTRO DE TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES  
UFMG

PARECER DOS ESPECIALISTAS PARA O SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DE  
PEIXES NA UHE TELES PIRES

(Revisão 03/05/2011)

Relatório enviado à Construtora  
Norberto Odebrecht

Belo Horizonte

Fevereiro de 2011

## 1. Apresentação

Este documento é o relatório que a Hídricon e o Centro de Transposição de Peixes da UFMG prepararam sobre o sistema de transposição de peixes da UHE Teles Pires para compor o relatório a ser enviado ao IBAMA pela Construtora Norberto Odebrecht.

## 2. Migração e transposição de peixes

Muitos dos mais importantes peixes do Brasil migram ao longo dos rios em diferentes fases da vida. A migração pode ser definida como o deslocamento entre duas áreas distintas que ocorre regularmente. É um fenômeno biológico complexo e fundamental no ciclo de vida de várias espécies, mas ainda pouco conhecido.

A migração dos peixes brasileiros pode ser descrita resumidamente da seguinte forma, segundo Godinho & Kynard (2009). Adultos migram dos sítios de alimentação para os sítios de desova. As distâncias entre esses dois sítios variam de poucos km a até algumas centenas de km. Normalmente, o sítio de desova está a montante em relação ao sítio de alimentação. Os ovos produzidos nos sítios de desova são carregados rio abaixo pela correnteza por dezenas, centenas e, às vezes, milhares de km até um terceiro sítio, o berçário. Posteriormente, os jovens abandonam os berçários e migram de volta aos sítios ocupados pelos adultos.

O barramento dos rios interrompe a migração, impedindo que os peixes desloquem entre os diferentes sítios. Conseqüentemente, a abundância de peixes diminui. Para permitir a continuidade da migração rio acima, mesmo na presença da barragem, uma passagem ou sistema de transposição de peixes (STP) é oferecida aos peixes.

Passagens de peixes têm sido usadas na sua conservação desde, pelo menos, o século 17 (Clay 1995). Somente no Japão, existem cerca de 1.400 delas. No Brasil, já foram construídas poucas dezenas de passagens. Muitas delas foram instaladas em meados do século passado, todas em barragens de pequeno porte. Mais recentemente, passagens começaram a ser construídas em grandes barragens. Tais passagens já foram implementadas em Mato Grosso, Minas Gerais, Paraná, São Paulo e Tocantins. Minas Gerais e São Paulo têm legislações específicas que exigem a construção de passagens em certas usinas.

A migração dos peixes do rio Teles Pires é praticamente desconhecida já que nenhum estudo foi aí conduzido. No entanto, sabe-se que muitas das suas espécies de peixes certamente são migradoras pelas pesquisas realizadas em outras localidades. Entre essas espécies destacam-se as matrinhãs (*Brycon*), os curimbas (*Prochilodus*), os piaus (*Leporinus*), as cacharas (*Pseudoplatystoma*), o tambaqui (*Colossoma*), o jaú (*Zungaro*) e a piraíba (*Brachyplatystoma*), só para listar algumas.

### **3. Tipos e componentes de sistemas de transposição de peixes**

Os STPs construídos em barramentos de rios podem ser agrupados nas seguintes categorias: escada, elevador, captura e transporte, eclusa e canal seminatural (Clay, 1995, FAO/DVWK, 2002). Independentemente do tipo, os STPs modernos são compostos de quatro partes principais: água de atração, canal de entrada, corpo e canal de saída. A água de atração tem como objetivo atrair mais peixes para dentro do STP. O canal de entrada comunica o trecho de jusante do barramento, normalmente o canal de fuga, com o corpo do STP. O corpo é a parte que permite o peixe vencer o desnível que separa os trechos de jusante do barramento com o reservatório. O canal de saída comunica o corpo do STP com o reservatório.

A água de atração, o canal de entrada e o canal de saída são semelhantes nos seus aspectos básicos de engenharia quando se compara os quatro tipos de STPs. A parte que mais difere é o corpo. É o tipo de corpo que dá nome ao tipo de STP. Na escada, o corpo é composto por tanques. A água escoar de um tanque para outro por aberturas por onde os peixes sobem. No elevador, o peixe é içado do canal de entrada ao canal de saída dentro de uma caçamba. No captura e transporte, o peixe é levado para o reservatório num caminhão. Na eclusa, os peixes passam de um canal para outro por um poço que se enche de água. No canal seminatural, os peixes sobem o STP por canal que procura ter a aparência de curso d'água.

O componente mais importante de STP de barragem é a entrada do canal de entrada (Clay, 1995). Se os peixes não conseguirem encontrar a entrada, o STP estará fadado ao fracasso mesmo que o restante dele tenha sido projetado adequadamente. Uma vez dentro do STP, o tipo de corpo influencia a eficácia. Eficácia é aqui considerada como sendo a porcentagem dos peixes que atinge o reservatório em relação à quantidade de peixes que está a jusante da barragem a procura de uma passagem para montante. No tópico seguinte, é feita análise comparativa da eficácia de dois tipos de STPs para a UHE Teles Pires

### **4. Análise comparativa de dois tipos de STPs**

Os dois tipos de STPs comparados para a UHE Teles Pires são a escada e o elevador. A comparação é feita para variáveis que influenciarão a eficácia de cada um dos dois tipos. Essas variáveis são: (a) número de espécies atraídas, (b) número de indivíduos atraídos, (c) número de indivíduos que desistem de subir, (d) tempo de passagem, (e) gasto energético, (f) subida voluntária, (g) estresse, (h) retorno para jusante, (i) número de espécies transpostas e (j) número de indivíduos transpostos (Tabela 1).

Não são esperadas diferenças significativas no número de espécies e de indivíduos atraídos para o STP entre as duas alternativas. Os fatores que mais influenciam a capacidade de STP de atrair peixes, tanto riqueza quanto abundância, são a água de atração e a localização e

geometria da entrada. Como esses três fatores são rigorosamente os mesmos para ambas as alternativas, o número de espécies e de indivíduos atraídos serão os mesmos, independentemente da alternativa escolhida.

Mais peixes deverão desistir de subir a escada do que o elevador. Quatro fatores explicam a pior eficácia da escada nesse caso: tempo de passagem, gasto energético, dissipação da energia do escoamento e subida voluntária. Quanto mais tempo o peixe fica no STP, maiores são as chances dele desistir e voltar para jusante. STPs são ambientes estressantes para peixes e quanto menor for o tempo de passagem maior será a eficácia do STP.

Para vencer o mesmo desnível, o tempo de passagem do peixe por um elevador é bem inferior ao de uma escada. Na escada de peixes de Igarapava, com 282 m de extensão, 6% de declividade e desnível de 17 m, o tempo de passagem de curimatás foi de 1 a 6 h (Silva 2004). Uma escada com de 6% de declividade teria 966 m de extensão para vencer os 58 m de desnível da UHE Teles Pires. Supondo tempo de passagem proporcional ao curimatá na escada de Igarapava, os peixes em Teles Pires gastariam cerca de 4 a 22 h para transpô-la. No caso de um elevador, o tempo de passagem estimado é de cerca de 45 min.

Tempo de passagem de algumas poucas horas é aceitável, mas 22 h é tempo de passagem excessivamente longo. Escadas precisam ter corpo curto para que o tempo de passagem seja o mais breve possível. Peixes apresentam atividade nictmeral que pode estar concentrada no período diurno ou noturno (Bizzoto et al., 2009). Quando o tempo de passagem é longo, a subida pelo STP pode começar no início do período de atividade do peixe, mas não terminar dentro do período de atividade. Nessa situação, o peixe pode desistir de subir e voltar para a jusante a procura de local mais adequado para passar o período de inatividade.

O gasto energético do peixe para transpor uma escada será bem superior ao gasto energético para passar pelo elevador. Na alternativa de escada na UHE Teles Pires, o peixe terá que nadar ativamente para vencer o desnível de 58 m. O gasto energético será inevitável. Para alguns indivíduos, particularmente os menores, o gasto energético poderá ser suficientemente grande para que eles desistam antes mesmo de atingirem o reservatório. No caso do elevador, o peixe vencerá o desnível transportado na caçamba. O gasto energético será mínimo.

A energia do escoamento que passa pelo corpo da escada precisará ser dissipada com o uso de defletores para possibilitar a subida dos peixes. A cada defletor estará associado trecho de maior velocidade e turbulência do escoamento. Esse é o trecho mais crítico para a passagem dos peixes no corpo da escada. Alguns indivíduos poderão ter dificuldades para vencê-lo. A escada de peixes de Igarapava tem 88 defletores. A escada da UHE Teles Pires, projetada com os mesmos critérios da de Igarapava, terá cerca de 300 defletores. A grande quantidade de

defletores, associada à dificuldade de passar por eles, aumenta as chances de peixes desistirem de subir a escada. Tal problema não existe no elevador, porque ele não possui defletores.

A subida voluntária dos peixes é outro fator que favorece eficácia menor da escada em relação ao elevador. A entrada do peixe no STP e sua passagem pelo canal de entrada são voluntárias tanto na escada quanto no elevador. Já a passagem pelo corpo é feita de forma voluntária na escada e compulsória no elevador. A qualquer momento durante a passagem pelo corpo da escada, o peixe pode desistir voltar para jusante e abandonar o STP. No caso do elevador, ao atingir o corpo do STP, o peixe não mais pode desistir e voltar para jusante. Ele é obrigado a subir pela caçamba.

O estresse durante a passagem será maior nos peixes transpostos pelo elevador. No elevador, o peixe está sujeito a fontes de estresse, como por exemplo, o transporte em caçamba. Tais fontes de estresse não existem na escada. Após atingirem o reservatório, peixes estressados tendem a retornar para jusante, via turbinas e vertedouro, mais frequentemente do que peixes não estressados. Para reduzir o estresse, a caçamba precisa ser suficiente grande para evitar altas densidades de peixes durante o transporte (Oldani *et al.* 2007).

Espera-se que o elevador seja capaz de transpor mais espécies e indivíduos do que a escada. Essa afirmativa apóia-se na perspectiva que não haverá diferenças no número de espécies e de indivíduos atraídos entre a escada e o elevador, que o número de indivíduos que desistem de transpor o STP será maior na escada e que o tamanho da caçamba não será fator limitante para a subida de peixes, mesmo que o elevador provoque maior retorno de peixes para jusante. Considerando que a eficácia do elevador será maior do que a escada recomenda-se a construção de um elevador na UHE Teles Pires.

## **5. Princípio geral de funcionamento de elevadores de peixes**

Um elevador de peixes é constituído por: caçamba içada por guincho, canal de entrada (que faz a ligação entre o canal de fuga e a caçamba), estrutura de captura de peixes, canal de saída (que faz a ligação entre a caçamba e o reservatório) e sistema de água de atração, cuja principal função é fornecer um escoamento no canal de entrada que seja eficaz na atração dos peixes.

Sua operação é realizada, em resumo, de acordo com as etapas apresentadas a seguir.

O sistema de água de atração fornece escoamento através da estrutura de captura e ao longo do canal de entrada. Este último é equipado, em sua extremidade jusante, com comporta de regulação de velocidades, que cria jato para atrair os peixes do canal de fuga para o interior do canal de entrada.

Em intervalos de tempos desejados, os peixes que se encontram no interior da estrutura de captura são aprisionados e empurrados por uma grade confinadora para a área da caçamba. Uma grade móvel se desloca para baixo, mantendo os peixes confinados sobre a caçamba, e permanece nesta posição enquanto a grade confinadora volta à sua posição inicial.

A caçamba, localizada sob o nível do piso da área de captura, é içada pelo guincho, coletando os peixes que se encontram confinados na região acima, e se eleva, verticalmente, até posição pouco superior ao nível do reservatório.

Uma comporta localizada na face anterior da caçamba se abre e libera os peixes no canal de saída, onde poderão se deslocar em direção ao reservatório. Imediatamente após sua liberação da caçamba, os peixes passam por uma área de triagem e, logo antes da saída para o reservatório, por uma sala de observação e contagem.

Neste meio tempo, a caçamba retorna à sua posição inicial, a grade móvel é elevada e os peixes passam a ter novamente acesso à região acima da caçamba, podendo-se, então, iniciar novo ciclo de transposição.

## **6. Aspectos biológicos do projeto do elevador de peixes da UHE Teles Pires**

### **6.1 Espécies-alvo**

Espécie migradora, para fins deste documento, é aquela que precisa deslocar-se, independentemente do motivo, entre dois sítios espacialmente separados para completar o seu ciclo de vida. Considerou-se que as espécies-alvo para a transposição são todas aquelas cuja rota de migração para montante passa pelo eixo da UHE Teles Pires.

O Diagnóstico da Ictiofauna do EIA da UHE Teles Pires detectou, na área de influência direta, a presença de 219 espécies de peixes. Dessas, 29 são migradoras, sendo 9 de grande porte ( $\geq 60$  cm), 10 de médio porte (de 30 a 60 cm) e 10 de pequeno porte ( $\leq 30$  cm). Das migradoras, 14 são Characiformes, 13 são Siluriformes e 2 são Perciformes. A classificação das espécies em migradoras foi feita de acordo com informações da literatura.

O número de espécies de peixes migradores do rio Teles Pires é potencialmente maior do que a conhecida. Estudos conduzidos em STPs localizados em diferentes bacias hidrográficas brasileiras (e.g., Godinho *et al.* 1991, Borghetti *et al.* 1994, Oldani & Baigún 2002, Fernandez *et al.* 2004, Britto & Sirol 2005, Pompeu & Martinez 2006, Bizzoto *et al.* 2009) mostram que espécies consideradas como não migradoras, várias dessas de pequeno porte ( $< 10$  cm), frequentemente utilizam tais dispositivos. Bizzoto *et al.* (2009) sugerem que a passagem de peixes 'não-migradores' num STP como o da barragem de Igarapava indica que eles, na realidade, são migradores que tem forte motivação comportamental para se moverem para o habitat de montante. Assim, espera-se que várias outras espécies do rio Teles Pires, além

daquelas já classificadas como migradores, também realizam migrações. Isso é especialmente verdadeiro para esse rio que pertencer a bacia com maior número de espécie de peixes da Terra.

A fauna de peixes do rio Teles Pires é dominada por espécies das ordens Characiformes e Siluriformes. Essas ordens apresentam espécies de pequeno, médio e grande porte, além de terem peixes com hábitos diurnos e noturnos, e de superfície e fundo. Os critérios e as soluções de engenharia aplicados ao projeto do elevador de Teles Pires levaram em consideração toda essa variabilidade para permite a passagem do maior número possível de espécies.

## **6.2 Período de operação**

As informações sobre época de migração de peixes do rio Teles, como também para outros rios da bacia amazônica, são limitadas. É possível, no entanto, que a migração seja mais intensa numa época que outra. Na escada de peixes de Peixe Angical, rio Tocantins, por exemplo, peixes foram encontrados na escada em todos os meses do ano, mas em maior número de indivíduos de outubro a abril (Pereira-Assis *et al.* 2009). Na escada de peixes de Igarapava, rio Grande (MG), a maior parte dos peixes migra durante a estação chuvosa, que corresponde ao período reprodutivo (Bizzoto *et al.* 2009). Mas uma fração importante dos peixes também migra na estação seca. Para uma das espécies dominantes na escada e na pesca comercial da represa de Igarapava, não houve diferenças significativas na quantidade de peixes que utilizou a escada entre a estação seca e chuvosa. Assim, o STP da UHE Teles Pires foi projetado para funcionar durante todos os meses do ano já que migrações podem ocorrer ao longo de todo o ano.

O elevador de Teles Pires funcionará durante todos os meses do ano e os ajustes para sua operação serão efetuados nos dois primeiros anos. A partir dos dados obtidos sobre a sua eficácia, conforme descrito no Projeto de Avaliação da Eficácia do STP, decisão poderá ser tomada quanto ao período de operação mais apropriado.

## **6.3 Localização e geometria da entrada do STP**

A localização da entrada é provavelmente o aspecto mais importante de qualquer STP, particularmente os construídos em barragens (Clay 1995). Se os peixes não conseguirem localizar a entrada, a passagem fracassará. Por isso, a entrada deve ser o componente do STP a ser definido primeiro (Clay 1995).

Peixes em migração rio acima, ao aproximarem-se do barramento, geralmente deslocam-se até atingir o ponto no qual não podem mais prosseguir (Larinier 2002). Em hidrelétricas, esse ponto é imediatamente a jusante da barragem ou na saída do tubo de sucção (FAO/DVWK 2002), devido à velocidade da água ou elevada turbulência (Larinier 2002). É nesse ponto que os peixes tendem a se concentrar (Larinier 2002) e é onde a entrada deve ser posicionada

(FAO/DVWK 2002). Quanto mais distante a entrada estiver do local de concentração dos peixes, mais difícil será para eles localizá-la (Clay 1995).

As entradas de STPs são, em geral, restritas às camadas mais superficial da coluna d'água (Godinho & Kynard 2009). Tais entradas tendem a ser mais adequadas aos peixes que nadam mais próximos à superfície. Peixes de fundo, por sua vez, têm dificuldades de encontrar entradas superficiais (Oldani & Baigún 2002, Godinho & Kynard 2009) e, por isso, várias passagens de peixes no Brasil são menos eficientes para os peixes de fundo, muitos dos quais são Siluriformes. No rio Teles Pires, os Siluriformes representam cerca de 30% tanto da riqueza de peixes como do número de espécies migradoras. Várias das espécies mais importantes para a pesca desportiva no rio Teles Pires são Siluriformes. Entres essas, destacam-se: barbado, cachara, caparari, jaú, jundiá, piraíba e pirarara.

A entrada do STP da UHE Teles Pires está projetada para abranger da superfície até o fundo do canal de fuga para qualquer vazão defluente da barragem. Em tese, entrada de STP que inclui toda a coluna d'água oferece melhores condições de ser encontrada tanto por peixes de superfície quanto por aqueles de fundo. Dessa forma, espera-se que os peixes de fundo sejam mais facilmente atraídos para dentro do STP, aumentando a sua eficiência para esse grupo de peixes. No entanto, eficiência de atração de entrada com essa geometria aparentemente ainda não foi ainda avaliada em nenhum protótipo. Por isso, recomenda-se que estudo específico seja conduzido para essa avaliação.

#### **6.4 Água de atração**

Para aumentar as chances dos peixes encontrarem a entrada e, conseqüentemente, aumentar a eficácia do STP, a água de atração precisa ter características hidráulicas específicas. Nos STPs em que as vazões da água são pequenas comparadas com as vazões do rio, como será o caso do STP de Teles Pires, recomenda-se o uso da água de atração para aumentar a velocidade da água na entrada da passagem e atrair os peixes mais facilmente (Clay 1995). Água de atração com baixas velocidades são menos eficientes para atrair peixes. Por outro lado, elevadas velocidades para a água de atração podem impedir a entrada de peixes por superar a sua capacidade natatória (Clay 1995). No Brasil, a velocidade da água de atração mais comumente empregada é de 2 m/s. O STP de Teles Pires foi especificamente projetado para ter água de atração com velocidades de cerca 2 m/s.

#### **6.5 Tamanho da caçamba**

O tamanho da caçamba do elevador precisa ser suficientemente grande para evitar grandes densidades de peixes durante o transporte. Esse é uns dos aspectos mais importantes de um elevador já que quanto maior a caçamba, menor deverá ser o estresse dos peixes durante o transporte (Oldani *et al.* 2007), mas mais custoso será o elevador. Estabelecer o tamanho ideal



da caçamba de um elevador antes de sua construção, levando-se em consideração a quantidade de peixes que o utilizarão, não é tarefa trivial. Não existem dados suficientes que permitam determinar o tamanho da caçamba de modo seguro previamente ao barramento.

Estabelecer o tamanho da caçamba é facilitada após o elevador entrar em operação. Dois casos seguem como exemplos. A caçamba do elevador de Funil, rio Grande, que tem 8 m<sup>3</sup> (Junho 2004). O número total estimado de peixes transpostos nos 5-6 meses de duas estações chuvosas consecutivas foi de 2 a 7 milhões de indivíduos (Silva 2008). Em média, cada caçamba transpôs de 755 em uma estação e 2.708 na outra. Em apenas algumas poucas caçambas, a quantidade de peixe içada foi considerada elevada. Assim, parece que a caçamba do elevador de Funil é ligeiramente menor do que a ideal. Já Oldani *et al.* (2007) sugere que as duas caçambas dos elevadores de Yacyreta, rio da Prata, de 15 m<sup>3</sup> cada uma, são insuficientes para transpor o número de indivíduos necessários.

## **7. Instalações para monitoramento do trânsito de peixes e avaliação do STP**

Estudos serão necessários para a obtenção de dados que possibilitem: (i) o adequado entendimento do papel do STP de Teles Pires na conservação e no manejo dos peixes do rio Teles Pires, (ii) a elaboração de regras operativas do STP e (iii) melhorias da sua eficácia. Para viabilizar a execução desses estudos, duas instalações para a coleta de dados foram prevista: sala de observação e estação de triagem. Na sala de observação há uma janela para permitir a contagem dos peixes antes deles saírem do STP. Para os estudos que necessitarem da captura e do manuseio dos peixes que passam pelo STP, foi previsto a estação de triagem.

## **8. Aspectos hidráulicos**

Essa seção apresenta as principais premissas e critérios de projeto hidráulico adotados para o Projeto Básico Ambiental do sistema de transposição de peixes da UHE Teles Pires. Para referência, o arranjo proposto para o STP é apresentado nas Figuras 1 a 5.

### **8.1 Canais de entrada e saída**

A largura dos canais de entrada e saída foi fixada, de forma empírica e conservadora, em 4,0 m, em função das dimensões e biomassa esperadas para os indivíduos das diferentes espécies que utilizarão o elevador.

As profundidades mínimas do escoamento foram adotadas em 1,0 m e 3,5 m nos canais de entrada e saída, respectivamente, superiores ao valor mínimo de 0,6 m apresentado por Bell (1991).

A entrada do STP foi posicionada no canal de fuga, cerca de 100 m a jusante da saída do tubo de sucção. Nessa posição, o escoamento já deve estar com orientação bem definida, livre de recirculações, facilitando a localização pelos peixes da entrada do sistema de transposição. A

posição da entrada deverá ser confirmada com o auxílio de ensaios específicos no modelo reduzido tridimensional geral, a ser construído para otimização das estruturas hidráulicas do empreendimento.

A posição de saída do STP deverá ser definida oportunamente.

## **8.2 Condições de operação**

Considerou-se, em princípio, que o sistema poderá operar ao longo de todo ano. Suas condições de operação foram definidas a partir do regime hidrológico local, das características de operação da usina e da variabilidade dos níveis d'água no canal de fuga e no reservatório.

No canal de entrada do sistema, o nível normal de operação foi adotado igual ao NA Máximo Normal no canal de fuga, El. 165,10 m. O nível mínimo de operação foi fixado naquele correspondente à NA Mínimo Normal no canal de fuga, na El. 161,50 m, embora o sistema possa operar mesmo na ocorrência da mínima vazão média mensal,  $328 \text{ m}^3/\text{s}$ , cujo nível d'água encontra-se na El. 161,20 m.

O nível máximo de operação foi adotado na El. 169,16 m, correspondente à cheia máxima anual com tempo de recorrência de 2 anos. A cota do topo do canal foi fixada na El. 171,50 m, correspondente à cheia máxima anual com tempo de recorrência de 25 anos,  $8.345 \text{ m}^3/\text{s}$ , com folga da ordem de 0,5 m. Esses níveis d'água já contemplam os efeitos de remanso do reservatório da UHE São Manoel.

No canal de saída, como a operação da usina é a fio d'água, foi adotada para a operação normal do sistema o NA Máximo Normal, El. 220,00 m. A cota do topo do canal de saída foi adotada na El. 221,00 m, correspondente ao NA Máximo Normal acrescido de 1,0 m de folga.

As condições de operação do STP de Teles Pires encontram-se resumidas na Tabela 2.

## **8.3 Vazões e velocidades no canal de entrada**

Para a atração dos peixes ao canal de entrada do STP são necessárias velocidades superiores às do escoamento no canal de fuga, em geral da ordem de 1,0 a 1,5 m/s. Assim, foi adotado valor de velocidade na comporta do canal de entrada da ordem de 2,0 m/s, valor médio entre os apresentados por Clay (1995) e Banyas & Leonardson (1969), que corresponde à carga de operação de 0,20 m.

Adicionalmente, é necessária a imposição de velocidades de escoamento no interior canal de entrada suficientes para que indivíduos das diferentes espécies sejam induzidos a prosseguirem em direção a montante. Valores usuais dessa velocidade encontram-se entre 0,3 m/s e 0,9 m/s (Quinn 2000).

Considerando cota de piso do canal de entrada na El. 160,50 m e carga de operação da comporta de 20 cm, os valores de vazões obtidos para as condições normais de operação do sistema de transposição de peixes e as velocidades de escoamento no canal de entrada são apresentados na Tabela 3.

#### **8.4 Vazões e velocidades no canal de saída**

Os valores das velocidades de escoamento no interior canal de saída, definidos usualmente em função da observação de peixes, foram adotados entre 0,3 m/s e 0,6 m/s, conforme Quinn (2000).

A Tabela 4 apresenta os valores de vazões adotados para as condições normais de operação do STP e as velocidades de escoamento no canal de saída, considerando cota de piso do canal de saída na El. 216,50 m e o reservatório no NA Máximo Normal, elevação 220,00 m.

Para observação e contagem de peixes transpostos, foi prevista a implantação de sala de observação, a montante do canal de saída, onde poderá ser utilizada câmera de vídeo para registro e posterior análise das imagens, similar à construída na escada de peixes de Igarapava.

A turbidez esperada para a água após a formação do reservatório, a ser confirmada nos estudos de qualidade de água, condicionará a implantação daquela sala de observação de peixes. Caso o prognóstico seja de alta turbidez da água no período de piracema, o que inviabilizaria a observação visual ou com câmeras, poderá ser utilizado sonar do tipo DIDSON.

#### **8.5 Sistema de água de atração**

Atendidos os critérios bio-hidráulicos de velocidades do escoamento nos canais de entrada e saída, a vazão relativa à diferença entre as vazões correspondentes deve ser aduzida através de um conduto independente.

Dessa forma, o sistema de água de atração foi concebido de forma similar ao do elevador de Funil, com dois condutos, sendo um o próprio canal de saída e o outro um conduto sob o canal de saída. As tomadas d'água desses condutos encontram-se no piso do canal de saída, uma na extremidade de montante e outra na de jusante. A Tabela 5 apresenta as vazões de operação do sistema de água de atração.

As tomadas d'água do sistema de água de atração são feitas através de difusores no piso, e a introdução das vazões no canal de entrada através de difusores nas laterais. Essas soluções são usuais, conforme Banys & Leonardson (1969). Nas tomadas d'água e no difusor são utilizadas grades com valores máximos de velocidade bruta do escoamento de 0,20 m/s e 0,15 m/s, respectivamente, para minimizar eventuais efeitos de desorientação dos peixes do escoamento.

Finalmente, como a adução da vazão total é feita através do canal de saída, no portal de saída, a montante da tomada d'água da tubulação independente, as velocidades de escoamento são maiores que no canal de saída, porém apenas em uma pequena região. A velocidade no portal de saída deve ser inferior a valor da ordem de 1,0 m/s, de acordo com Rizzo (comunicação pessoal).

As vazões e velocidades do escoamento no portal de saída encontram-se na Tabela 6.

## **9. Descrição do sistema de transposição de peixes**

O canal de entrada possui largura de 4,0 m, cota de piso na El. 160,50 m e topo dos muros laterais na El. 171,50 m. Em sua extremidade jusante possui uma comporta de regulação de velocidades tipo mitra, com largura total de 4,0 m e altura de 10,0 m. A jusante dessa comporta encontra-se comporta ensecadeira com largura de 4,0 m e altura de 6,0 m, que permite o ensecamento do canal para o NA Máximo Normal de jusante, El. 165,10 m, com folga de 1,40 m.

A estrutura de captura é composta por grade confinadora, grade móvel e grade fixa. Para impedir a saída dos peixes já atraídos pelo escoamento e confinar os peixes na região do poço do elevador será utilizada uma grade confinadora associada a um carro empurrador. A grade confinadora será dotada de dois painéis basculantes, com largura unitária aproximada de 2,0 m e altura de 10,0 m, e eixos de articulação verticais. Durante a fase de atração dos peixes, os painéis ficarão parcialmente abertos, e, na fase de captura, serão fechados, ficando na posição transversal em relação às paredes do canal.

Para manter os peixes na região do elevador, após a conclusão da movimentação da grade confinadora naquela direção, será utilizada uma grade fixa a montante e uma grade móvel, ambas com largura de 4,0 m e altura de 10,0 m. A grade móvel, que se desloca verticalmente acionada por um guincho, permite, na posição inferior, a liberação da grade confinadora para a posição de *pescas*, a jusante, o que aumenta a eficácia global do sistema, enquanto a caçamba se desloca verticalmente, tanto para cima quanto para baixo.

O elevador de peixes é constituído por uma caçamba acionada por um guincho, que captura os peixes confinados, a jusante pela grade móvel em sua posição abaixada e a montante pela grade fixa, eleva-os mecanicamente até acima do nível d'água do reservatório. A caçamba possui, em princípio, dimensões de 4,0 m x 4,0 m de base e altura total de 3,5 m, sendo que os peixes ficam imersos em água na parte inferior, com altura de 2,0 m. A parte superior, com altura de 1,50 m, possui grades cujo principal objetivo é evitar que, eventualmente, peixes que saltem da água possam cair fora da caçamba. Possui capacidade de 32 m<sup>3</sup> de água e é equipada, em sua face anterior com uma comporta para a liberação de peixes no canal de saída. A

caçamba é içada por um guincho com capacidade para 50 tf.

O canal de saída do elevador possui largura de 4,0 m, cota de piso na elevação 216,50 m e topo dos muros laterais na El. 221,00 m, com folga de 1,0 m em relação ao NA Máximo Normal, El. 220,00 m. Em sua extremidade montante encontra-se uma grade com largura de 4,0 m e altura de 4,5 m, com malha de 80 cm (H) por 112,5 cm (V), que permite a passagem de peixes mas retém material flutuante de maiores dimensões. A jusante da grade encontra-se comporta vagão de mesmas dimensões, largura de 4,0 m e altura de 4,5 m, que permite o fechamento normal ou de emergência do sistema de transposição de peixes.

A jusante da comporta, no piso do canal, encontra-se a tomada d'água da tubulação de montante do sistema de água de atração. Na região a jusante dessa grade está prevista a instalação de uma sala de observação e contagem de peixes, para auxiliar o monitoramento do trânsito de peixes pelo STP, antes da saída dos peixes para o reservatório.

Na extremidade jusante do canal de saída encontra-se a tomada d'água da tubulação de jusante do sistema de água de atração, imediatamente a montante da calha de liberação de peixes da caçamba. Na região dessa grade, está prevista a instalação de uma estação de triagem, para auxiliar o monitoramento do sistema de transposição e a devolução ao rio de peixes considerados indesejáveis para a transposição, se for o caso.

O sistema de água de atração é composto, basicamente, por duas tomadas d'água no piso do canal de saída, uma na extremidade montante e outra na de jusante; por dois condutos verticais com diâmetro de 1,50 m em sua maior extensão e de 1,0 m a jusante, cada um deles dotado de válvula reguladora e dissipadora com disco, com diâmetro de 1,0 m. Como o conduto da tomada d'água de jusante é utilizado para criar o escoamento que orienta os peixes em direção ao reservatório, é possível a sua operação contínua, mesmo na hipótese de não operação da válvula da sua extremidade, mediante uma estrutura de "bypass" entre os dois condutos.

Como já apresentado, o sistema foi dimensionado para vazões de 4,5 m<sup>3</sup>/s a 14,0 m<sup>3</sup>/s, nas condições de operação mínima e máxima, respectivamente. A vazão proveniente das válvulas é direcionada para o interior de tanques de tranquilização de seção quadrada, com lado de 4,0 m, com altura total de 14,5 m. Cada tanque possui uma comporta de fundo quadrada, com lado de 3,0 m, para manutenção isolada das válvulas.

A jusante daqueles tanques encontram-se dois canais externos ao canal de captura, com largura unitária de 2,0 m e comprimento de aproximadamente 12 m, que causam a divisão do escoamento em três partes: duas, menores, pelos canais externos e outra, maior, pelo canal de captura, propiciando, neste último, velocidades adequadas ao deslocamento dos peixes à região da caçamba.

O escoamento dos canais laterais é restituído ao canal de entrada, a jusante da região da açambá, através de duas grades fixas longitudinais, com largura de 7,0 m e altura de 10,0 m.

## **10. Projeto de Avaliação da Eficácia do STP**

### **10.1 Introdução**

No âmbito deste projeto, foram adotadas as seguintes definições:

- a) Eficiência de atração: porcentagem dos peixes presentes imediatamente a jusante da barragem Teles Pires que são atraídos para dentro do STP;
- b) Eficiência de transposição: porcentagem dos peixes presentes imediatamente a jusante da barragem Teles Pires que alcançam o reservatório;
- c) Imediatamente a jusante da barragem Tele Pires: região que abrange os primeiros 2 km do rio Teles Pires a jusante da UHE Teles Pires;
- d) Eficácia do STP: conjunto de variáveis relativas à passagem dos peixes pelo STP indicadoras do seu desempenho;
- e) Seletividade em tamanho: diferença entre o tamanho dos peixes presentes imediatamente a jusante da barragem Teles Pires e o tamanho dos peixes que alcançam o reservatório;
- f) Seletividade específica: espécies presentes imediatamente a jusante da barragem Teles Pires, mas que não utilizam o STP;
- g) Taxa de retorno para jusante: porcentagem dos peixes que retornam para jusante logo após saírem do STP;
- h) Tempo de passagem: tempo gasto por um indivíduo na sua passagem pelo STP;
- i) Trânsito: número de peixes que alcançam o reservatório de Teles Pires passando pelo STP.

### **10.2 Objetivos**

O objetivo desse projeto é estabelecer a eficácia do STP e identificar possíveis medidas potencializadoras.

### **10.3 Metas**

As metas para determinar a eficácia do STP são:

- i. Quanto tempo decorre da chegada do peixe ao canal de fuga da UHE Teles Pires e sua entrada no STP?
- ii. Qual é a eficiência de atração do STP?

- iii. Qual é a eficiência de transposição do STP?
- iv. Qual é a seletividade em tamanho do STP?
- v. Qual é o tempo de passagem?
- vi. Determinar a taxa de retorno?
- vii. Estabelecer o trânsito diário de peixes;
- viii. Determinar a influência de fatores ambientais sobre o trânsito dos peixes.
- ix. Determinar a frequência dos estádios de maturação gonadal dos peixes que passam pelo STP; e
- x. Determinar a seletividade específica; e

#### **10.4 Área de abrangência**

A área de abrangência é Área de Influência Direta e Área Diretamente Afetada

#### **10.5 Base legal e normativa**

Será necessário solicitar licença de pesca ao IBAMA para a captura de peixes conforme Instrução Normativa Nº 146, de 11 de janeiro de 2007.

#### **10.6 Metodologia**

As metas (i) a (vi) serão alcançadas com auxílio da biotelemetria. Peixes serão marcados com transmissores a jusante da barragem da UHE Teles Pires e rastreados por estações automáticas de radiotelemetria instaladas na própria barragem. Em razão das facilidades para a instalação e manutenção de equipamentos, a técnica de biotelemetria a ser aplicada, preferencialmente, é a radiotelemetria. No entanto, o uso da telemetria acústica poderá ser necessária. Testes preliminares *in loco* avaliarão qual é a técnica de biotelemetria mais propícia em função da largura e/ou profundidade da seção transversal do rio nos locais propícios à instalação de estações automáticas de rastreamento.

A captura dos peixes para marcação será feita com auxílio de pescadores locais e com o uso de técnicas de pesca que provocam poucas lesões. A implantação dos transmissores nos peixes capturados será feita através de cirurgia em unidade cirúrgica móvel conforme descrito em Godinho *et al.* (2007). O peixe será imerso em tanque cirúrgico contendo água do rio e LabProtect. A água do tanque será constantemente renovada ou oxigenada. A imobilização do peixe será feita em eletronarcose, associada à leve sedação. O transmissor será introduzido na cavidade celomática através de corte cirúrgico e será alojado em posição ventral aos órgãos da cavidade. Antes da implantação do transmissor, o sexo e estágio de maturação de cada indivíduo serão determinados através de observação macroscópica das gônadas ou com auxílio de boroscópio. O corte cirúrgico será suturado.

Terminada a cirurgia, o peixe será mantido em tanque-rede por algumas horas. Antes de sua soltura, seu estado geral será examinado para verificar eventual seqüela grave da marcação. Os peixes em bom estado serão soltos próximo ao local de captura. Serão marcados 50 exemplares de 7 espécies migradoras importantes, totalizando 350 indivíduos.

A metodologia de rastreamento considera que a radiotelemetria será a técnica de rastreamento escolhida. Caso venha a ser optado pelo uso da telemetria acústica, alterações metodológicas poderão ser necessárias, particularmente o aumento do número de estações automáticas de rastreamento e seu posicionamento.

O rastreamento na barragem da UHE Teles Pires será feito por quatro estações automáticas. Cada estação terá, no mínimo, duas antenas. Duas estações serão instaladas junto ao STP: uma na entrada e outra na saída. A terceira estação ficará na casa de força ou no vertedouro com antenas voltadas para o canal de fuga e bacia de restituição do vertedouro. A quarta estação, colocada na crista da barragem, terá as antenas voltadas para o reservatório para rastrear a tomada d'água das turbinas e a região do vertedouro. Dependendo do arranjo da casa de força e do vertedouro, essas duas últimas estações poderão ser substituídas por uma única com quatro antenas.

Sistema de RFID (sigla em inglês para identificação por radio frequência), a exemplo do utilizado por Castro-Santos *et al.* (1996), será utilizado em conjunto com a biotelemetria para que as metas (ii) a (v) possam ser alcançadas para maior número de espécies. Esse sistema será constituído por transectos de antenas leitoras de etiquetas PIT (sigla do inglês para transponder integrado passivo), leitoras de PIT, caixa de ajuste, conversores de porta serial para USB, cabos, fontes de energia e computadores. Cada transecto conterá antenas em número suficiente de modo que o peixe, ao cruzar a seção transversal do STP onde o transecto está instalado, tenha que passar por uma antena. Quatro transectos serão instalados ao longo do STP. O transecto 1 ficará localizado no início do canal de entrada e o transecto 2, ao final do canal de entrada. Os transectos 3 e 4 serão colocados no canal de saída. Os transectos 1 e 2 deverão ter 7 antenas cada e os transectos 3 e 4, 3 antenas cada. Computadores, conversores, fontes de energia ficarão instalados em duas salas de controles climatizadas construídas junto ao STP: uma no canal de entrada e outra no canal de saída.

Os peixes a serem marcados com PIT serão capturados imediatamente a jusante da barragem Teles Pires. Deverão ser utilizadas técnicas de captura que menos lesões provoquem aos peixes. Em função do tamanho das antenas, possivelmente será necessário utilizar etiquetas PIT de grande tamanho (32 mm). Os peixes para serem marcados, nesse caso, poderão ser ligeiramente sedados, imobilizados em eletranarose e o PIT introduzido na musculatura por uma incisão que será suturada. Alternativamente, será avaliado o uso de PIT de pequeno tamanho que poderá ser injetado na musculatura sem a necessidade de sedação e imobilização



em eletronarcese. Os peixes marcados serão soltos no ou próximo ao local de captura, após serem identificados, medidos e, quando possível, terem o sexo identificado.

Serão marcados cerca de 500 exemplares das espécies comuns no STP e/ou imediatamente a jusante da barragem Teles Pires. Espécies migradoras raras também serão marcadas, mas o número de indivíduos será determinado posteriormente, de acordo com a disponibilidade. Estima-se que serão marcados cerca de 10 mil indivíduos de 15 a 30 espécies.

Dois são as técnicas potenciais para determinar o trânsito diário de peixes (meta vii) pelo elevador de Teles Pires: manipulação e vídeo-imagem. Na manipulação, os peixes são identificados e contados após retirados da água. Na vídeo-imagem, os peixes são identificados e contados a partir de imagens gravadas da passagem dos peixes em frente a uma janela na sala de observação localizada no canal de saída (Bizzoto et. al. 2009). A vídeo-imagem é pouco invasiva e demanda menos mão de obra. A manipulação é muito invasiva e requer muito mais mão de obra. Devido à baixa transparência da água do rio Teles Pires é mais provável que o trânsito de peixes tenha que ser determinado por manipulação.

No caso de ser possível o uso da vídeo-imagem, sistema de gravação de imagens digitais, composto por DVR, câmeras de infra-vermelho e iluminação, será instalado na sala de observação. O uso de software de redução de turbidez poderá ser necessário para melhoria da qualidade da imagem. As imagens serão gravadas durante 24 h por dia/7 dias por semana. As imagens gravadas serão analisadas para identificar e contar todos os peixes registrados a cada minuto. Alternativamente, será avaliado o uso do DIDSON no lugar da vídeo-imagem.

Caso a transparência da água do rio Teles Pires não permita o uso de vídeo-imagem para determinação do trânsito de peixes, será então utilizada a técnica de manipulação. Nesse caso, amostragem sistemática das caçambas será realizada. Todos os peixes içados da caçamba amostrada serão identificados, contados e pesados. A amostragem será realizada diariamente durante os meses com maior quantidade de peixes em migração e duas vezes por semana nos meses de menor quantidade de peixes em migração. A manipulação dos peixes será feita na Estação de Triagem.

Sonda multiparâmetros será instalada no canal de saída do STP para registrar e armazenar automaticamente, a cada hora, a temperatura, o oxigênio dissolvido, o pH, a turbidez e a condutividade da água. Dois luxímetros automáticos com capacidade de armazenamento serão instalados para registrar a variação diária da intensidade luminosa da lua. Serão adquiridos equipamentos reservas, para substituição imediata de qualquer parte do sistema de vídeo imagem, da sonda multiparâmetros ou luxímetro em caso de pane.

Os dados obtidos sobre o trânsito dos peixes serão analisados para determinar a variação nictimeral, mensal e sazonal do trânsito. A influência de fatores abióticos (temperatura,

oxigênio dissolvido, pH, turbidez, condutividade, precipitação, fase da lua e intensidade luminosa da lua) sob o trânsito dos peixes (meta viii) será determinada conforme metodologia descrita em Bizzoto *et al.* (2009).

Mensalmente, peixes içados pelo elevador serão examinados para determinar a frequência dos estádios de maturação gonadal (meta ix). Os peixes capturados serão sacrificados, identificados, pesados e medidos. Suas gônadas serão examinadas para determinação do estágio de maturação gonadal. O exame poderá ser apenas macroscópico, mas no caso de dúvida, o estágio de maturação deverá ser confirmado com exame microscópico. O número de exemplares a ser examinados por espécie e coleta dependerá de sua abundância. Para as espécies mais abundantes, cerca de 50 exemplares deverão amostrados. Para as espécies pouco abundantes, o número de exemplares a ser amostrado dependerá da sua disponibilidade nas caçambas.

Para determinar a seletividade específica do STP, meta (x), coletas de peixes utilizando diferentes técnicas de captura serão realizadas imediatamente a jusante da barragem da UHE Teles Pires para determinar as espécies de peixes que ali ocorrem. Curva do coletor será elaborada para determinar se a assíntota do número de espécies foi atingida.

### **10.7 Indicadores de desempenho**

O desenvolvimento deste Programa será avaliado por meio da obtenção dos dados referentes às metas de avaliação da eficácia do STP.

### **10.8 Etapas**

O início da coleta de dados deste Programa, com duração de 4 anos, ocorrerá imediatamente ao enchimento e operação do elevador.

### **10.9 Relatórios**

O presente Programa prevê a elaboração de 12 relatórios de atividades trimestrais, 3 relatórios anuais e 1 relatório final consolidado.

Para elaboração dos relatórios analíticos, sugere-se a seguinte estrutura:

- 1.0 Introdução**
- 2.0 Objetivos**
- 3.0 Metodologia**
  - 3.1 Área de Estudo
  - 3.3 Coleta dos dados
  - 3.4 Análise dos dados
- 4.0 Resultados**
  - 4.1 Tempo entre chegada do peixe na barragem Teles Pires e sua entrada no STP
  - 4.2 Eficiência de atração do STP

- 4.3 Eficiência de transposição do STP
- 4.4 Seletividade em tamanho do STP
- 4.5 Tempo de passagem
- 4.6 Trânsito diário de peixes
- 4.7 Seletividade específica
- 4.8 Frequência dos estádios de maturação gonadal dos peixes
- 4.9 Influência de fatores ambientais sobre o trânsito dos peixes
- 5.0 Considerações finais**
- 6.0 Referências Bibliográficas**
- 7.0 Próximas atividades**
- 8.0 Equipe técnica**

#### **10.10 Recursos humanos e materiais necessários**

A equipe técnica deverá ser formada por: (i) um especialista sênior e um especialista pleno, ambos com experiência no uso de biotelemetria, RFID, vídeo-imagem, Didson e sonda multiparâmetros para avaliar eficácia de STPs; (ii) um engenheiro sênior com experiência em hidráulica de STPs; (iii) um engenheiro júnior e três biólogos juniores; (iv) um técnico; (v) três auxiliares. A equipe ainda será assistida por um consultor internacional.

Os materiais necessários serão:

- Antenas e leitoras de PIT
- Barcos e motores
- Boroscópio
- Cabo twinax
- Combustível
- Conectores
- Equipamento de pesca
- Estação de rastreamento
- Etiquetas PIT
- Ferramentas
- Laptops
- Leitoras portátil de PIT
- Material de campo
- Material de escritório
- Material elétrico
- Material e equipamento para eletroneurose
- Material para biometria, dissecação e histologia de peixes
- Sistema de vídeo-imagem
- Sonda multiparâmetros
- Transmissores

### 10.11 Parcerias recomendadas

As parcerias recomendadas para este programa são instituições de ensino e pesquisa que tenham interesse em participar das atividades planejadas, objetivando o conhecimento sobre operação de STP. Essas parcerias possibilitarão a realização de diversos trabalhos científicos na área de influência do empreendimento.

### 10.12 Interface com outros planos, programas e programas

Este programa tem interface com os Programas de Investigação Genética da Ictiofauna (P.27), de Repovoamento da Ictiofauna Nativa a Jusante (P.28), de Acompanhamento da Atividade Pesqueira (P.43) e de Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água (P.12).

## 11. Referências

- Bell, M. C. 1991. Fisheries handbook of engineering requirements and biological criteria U.S. Army Corps of Engineers, Portland, Oregon.
- Banys, R. & Leonardson, K.R. 1969. Fishways at dams. In: Davis, C.V.; Sorensen, K.E. (eds.) *Handbook of Applied Hydraulics*. Ed. McGraw-Hill, Section 23.
- Bizzotto P.M., Godinho A.L., Vono V., Kynard B. & Godinho H.P. 2009. Influence of seasonal, diel, lunar, and other environmental factors on upstream fish passage in the Igarapava Fish Ladder, Brazil. *Ecology of Freshwater Fish* 18: 461–472.
- Borghetti J.R., Nogueira V.S.G., Borghetti N.R.B. & Canzi C. 1994. The fish ladder at the Itaipu Binational Hydroelectric complex on the Paraná River, Brazil. *Regulated Rivers: Research & Management* 9: 127–130.
- Britto S.G.C. & Sirol R.N. 2005. Transposição de peixes como forma de manejo: as escadas do complexo Canoas, Médio Rio Paranapanema, bacia do Alto Paraná. In: Nogueira, M.G., Henry R. & Jorcin A. (eds.) *Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. São Carlos: RiMa, pp. 285–304.
- Castro-Santos T., Haro A. & Walk S. 1996. A passive integrated transponder (PIT) tag system for monitoring fishways. *Fisheries Research* 28: 253-261.
- Clay C.H. 1995. *Design of fishways and other fish facilities*. 2nd edition. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
- FAO/DVWK. 2002. *Fish passes: design, dimensions and monitoring*. Rome: FAO
- Fernandez D.R., Agostinho A.A. & Bini L.M. 2004. Selection of an experimental fish ladder located at the dam of Itaipu Binacional, Paraná River, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 47: 579–586.

- Godinho A.L., Kynard B. & Godinho, H.P. 2007. Migration and spawning of female surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*, Pimelodidae) in the São Francisco river, Brazil. *Environmental Biology of Fishes* 80: 421–433.
- Godinho A.L. & Kynard B. 2009. Migratory fishes of Brazil: life history and fish passage needs. *River Research and Applications* 25: 702–712.
- Godinho H.P., Godinho A.L., Formagio P.S. & Torquato V.C. 1991. Fish ladder efficiency in a Southeastern Brazilian river. *Ciência e Cultura* 43: 63–67.
- Junho, R.A.C. 2004. Recent fish passes at three hydroelectric dams in Southeastern Brazil. 5th International Symposium on Ecohydraulics, Madrid, pp. 1041–1045.
- Larinier, M. 2002. Location of fishways. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 364(suppl.): 39-53.
- Oldani N.O. & Baigún C.R.M. 2002. Performance of a fishway system in a major South American dam on the Parana river (Argentina-Paraguay). *River Research and Applications* 18: 171–183.
- Oldani N.O., Baigún C.R.M., Nestler J.M. & Goodwin R.A. 2007. Is fish passage technology saving fish resources in the lower La Plata River basin? *Neotrop. ichthyol.* 5: 89-102. doi: 10.1590/S1679-62252007000200002
- Pereira-Assis C. R., Agostinho C.S. & Marques E.E. 2009. Padrão temporal e motivação para ascensão da escada da UHE Peixe Angical, 149-157. In: Agostinho C.S., Pelicice F.M. & Marques E.E. (Eds). *Reservatório de Peixe Angical: bases ecológicas para o manejo da ictiofauna*. São Carlos: RiMa Editora.
- Pompeu P.S. & Martinez C.B. 2006. Variações temporais na passagem de peixes pelo elevador da Usina Hidrelétrica de Santa Clara, rio Mucuri, leste brasileiro. *Revista Brasileira de Zoologia* 23: 340–349.
- Quinn, D. 2000. Fish passage design notes. In: *Fish passageways and bypass facilities*. Hadley, MA: U.S.F.W.S.
- Silva F.O. 2008. Transposição de peixes pelo elevador de Funil, rio Grande, MG. Belo Horizonte, UFMG (Dissertação, Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre), 54p.
- Silva L.G.M. 2004. Migração de mandis-amarelos *Pimelodus maculatus* e curimbas *Prochilodus lineatus* no rio Grande, bacia do Alto Paraná. Belo Horizonte, PUC-Minas (Dissertação, Mestrado em Zoologia de Vertebrados), 63p.

**Tabelas, Fotos & Figuras**

Tabela 1. Comparação da eficácia entre o elevador e escada de peixe para a UHE Teles Pires.

Variável indicadora da eficácia	Escada	Elevador
Número de espécies atraídas	Igual	Igual
Número de indivíduos atraídos	Igual	Igual
Número de indivíduos que desistem	Maior	Menor
Tempo de passagem	Maior	Menor
Gasto energético	Maior	Menor
Subida voluntária	Sim	Não
Estresse	Menor	Maior
Retorno para jusante	Menor	Maior
Número de espécies transpostas	Menor	Maior
Número de indivíduos transpostos	Menor	Maior

Tabela 2. Condições de operação do sistema.

Condição	Vazão (m <sup>3</sup> /s)		Nível d'água (m)	
	Valor	Característica	Reservatório	Canal de Fuga
Mínima	758	1 máquina	220,00	161,50
Normal	3.790	5 máquinas	220,00	165,10
Máxima	5.899	TR = 2 anos <sup>(1)</sup>	220,00	169,16

Obs.: 1 – Cheia máxima instantânea

Tabela 3. Vazões de operação do STP e velocidades no canal de entrada.

Condição	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Velocidade (m/s)
Mínima	4,5	0,9
Normal	10,5	0,6
Máxima	14,0	0,4

Tabela 4. Vazões e velocidades no canal de saída.

Condição	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Velocidade (m/s)
Mínima	4,5	0,3
Normal	7,0	0,5
Máxima	7,0	0,5

Tabela 5. Vazões de operação do sistema de água de atração.

Condição	Vazão (m <sup>3</sup> /s)		
	Canal de Entrada	Canal de Saída	Tubulação Independente
Mínima	4,5	4,5	0,0
Normal	10,5	7,0	3,5
Máxima	14,0	7,0	7,0

Tabela 6. Vazões e velocidades no portal de saída.

Condição	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Velocidade (m/s)
Mínima	4,5	0,3
Normal	10,5	0,8
Máxima	14,0	1,0





Foto 1 - Vista Geral de Elevador de Peixes



Foto 2 – Canal de Entrada, Captura e Torre de Elevação



Foto 3 – Canal de Saída



Foto 4 – Grade Confinadora



Foto 5a – Caçamba



Foto 5b – Caçamba



Foto 6a – Estação de Triagem



Foto 6b – Estação de Triagem



Foto 7 – Sala de Observação



Foto 8 – Peixes no Visor



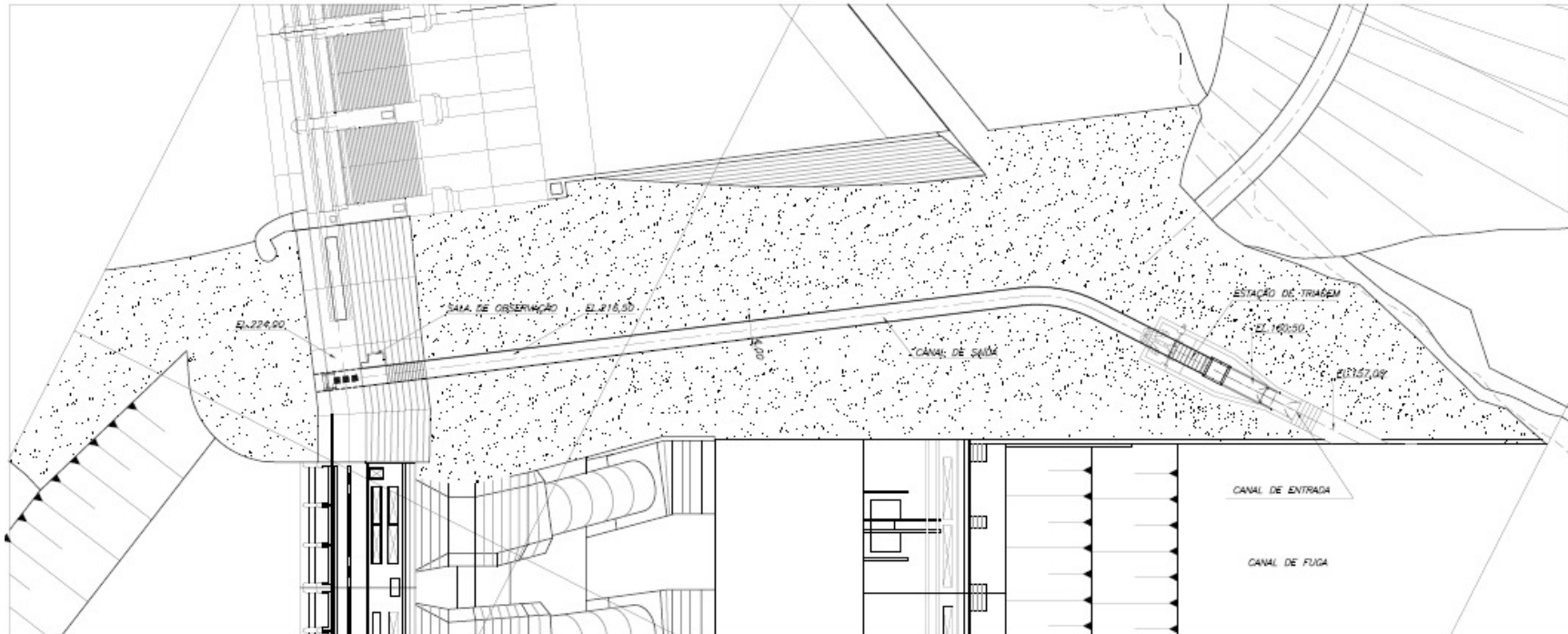


Figura 2 – Arranjo Geral em Planta em uma das Posições

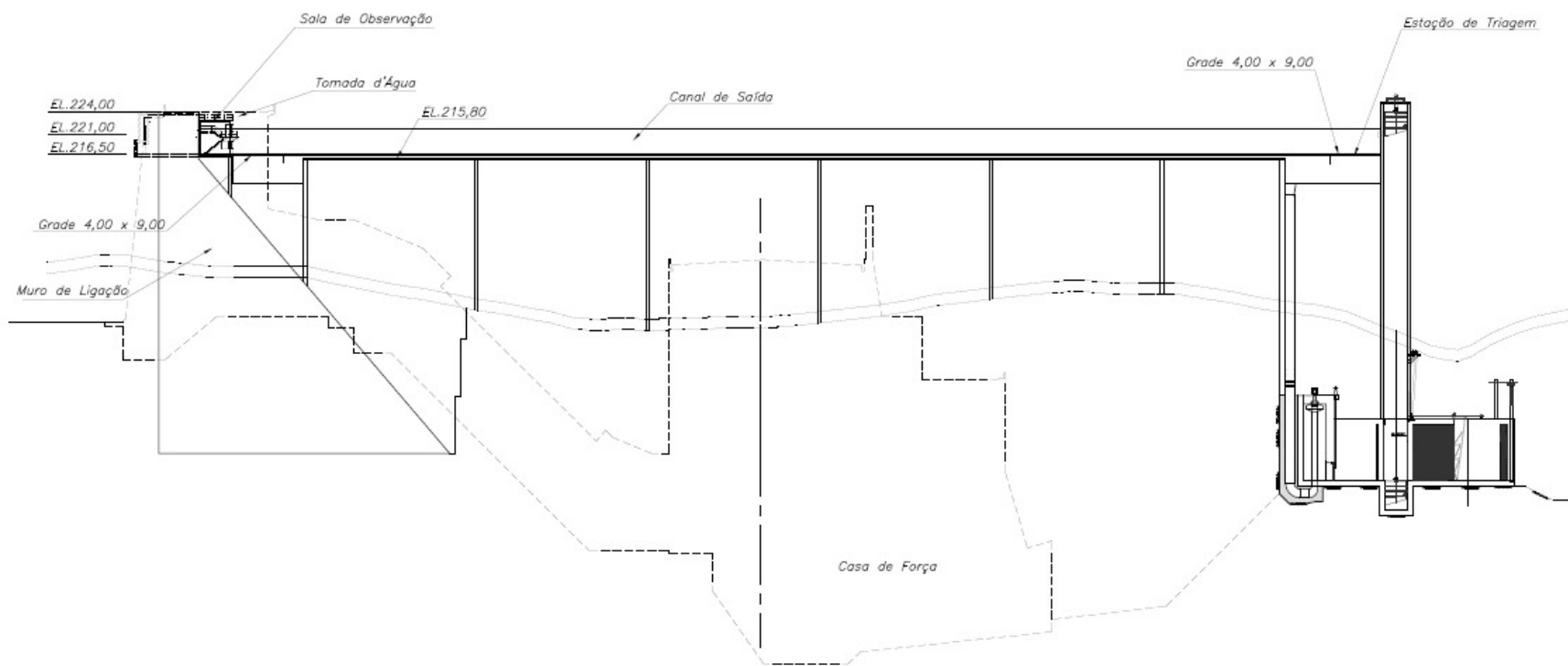


Figura 3 – Seção Longitudinal



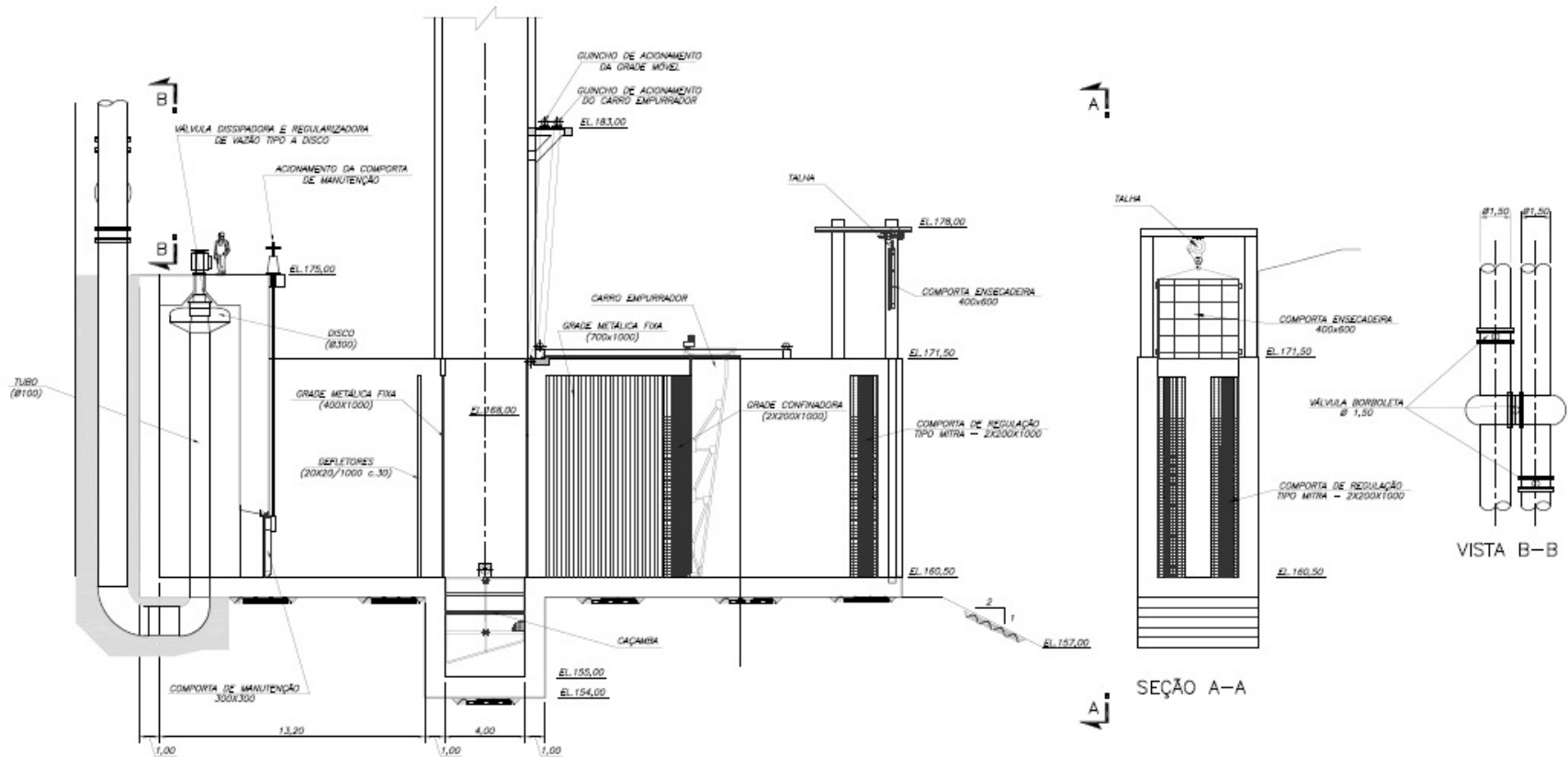


Figura 4 – Canal de Entrada e Captura – Seções e Vista

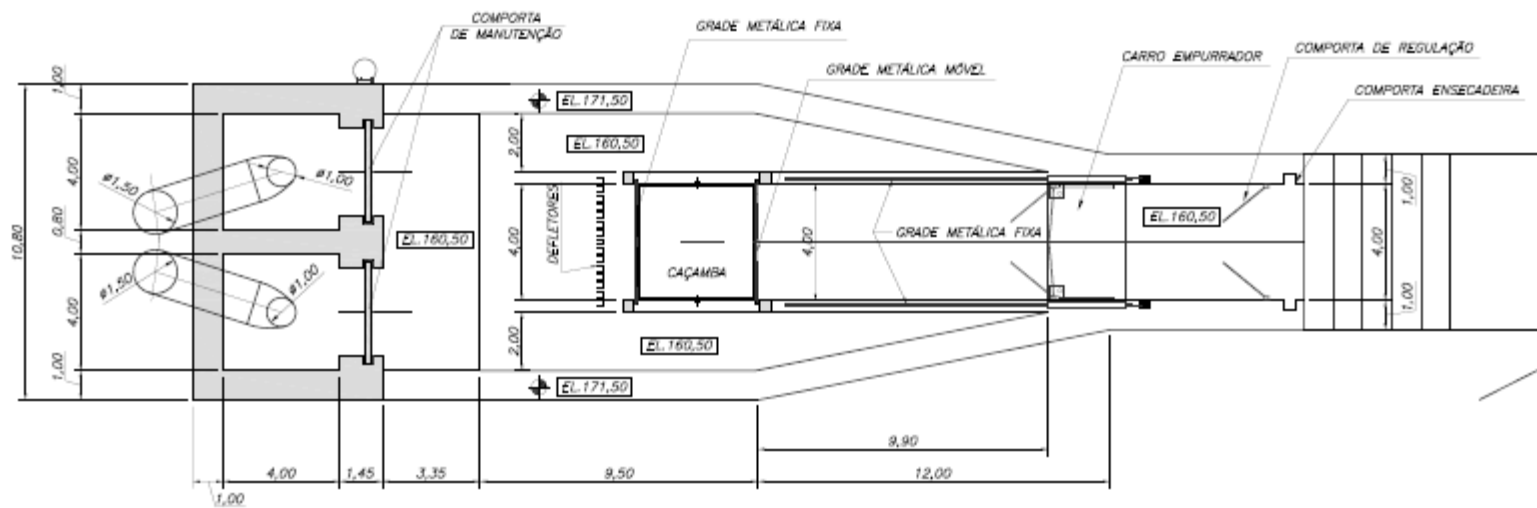


Figura 5 – Canal de Entrada e Captura – Planta