



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
SEDIMENTAR E AMBIENTAL



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS  
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS

## **Parecer técnico**

### **Análise crítica do Estudo de Impacto Ambiental - Componente Indígena (EIA-CI) do Projeto de Ouro Volta Grande quanto à qualidade d'água e risco de contaminação em drenagens impactadas por Belo Sun**

#### **Introdução**

Este relatório tem por objetivo avaliar aspectos do uso e potencial de contaminação de água pelo empreendimento denominado “Projeto Volta Grande”, sob responsabilidade da empresa Belo Sun Mineração Ltda.

A partir do documento denominado “Estudo do Componente Indígena (ECI) – Terra Indígena Paquiçamba (Processo FUNAI 08620.19136/2012-40)”, elaborado em Fevereiro de 2020 pela JGP Consultoria e Participações, foi realizada análise crítica dos seguintes riscos ambientais: i) contaminação de igarapés e do Rio Xingu; e ii) sinergia com impactos ambientais ocasionados pela Usina Hidrelétrica de Belo Monte. A análise destes aspectos justifica a tomada de medidas de caráter urgente para a regularização do Projeto Volta Grande.

#### **Breve histórico e situação atual do Projeto Volta Grande**

O Projeto Volta Grande consiste na lavra e beneficiamento de minério de ouro dos depósitos denominados Ouro Verde e Grota Seca, localizados na região conhecida como Volta Grande do Xingu, no município de Senador José Porfírio – PA.

Apesar do conhecido potencial mineral da região datar de décadas atrás, foi em 2012 que a Belo Sun Mineração Ltda., subsidiária da empresa canadense Belo Sun Mining Corporation, apresentou o Plano de Aproveitamento Econômico dos depósitos para requerer a concessão da lavra, além do Estudo de Impacto Ambiental e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA).

Entre 2012 e 2018, houve a emissão da Licença Prévia e da Licença de Instalação, as quais condicionam a instalação do empreendimento à realização do Estudo de Componente Indígena (ECI) e de consulta prévia às populações diretamente afetadas pelo empreendimento. O ECI – Terra Indígena Paquiçamba foi apresentado em Fevereiro de 2020 para apreciação da FUNAI, concluída em Julho de 2020. A FUNAI considerou que as demandas anteriores foram “parcialmente atendidas” e requereu complementações antes da apresentação oficial do documento para as comunidades indígenas.

No período entre a apresentação do EIA/RIMA e a solicitação da Licença de Instalação, ocorreram importantes modificações no Projeto Volta Grande, onde destaca-se a introdução de dois lagos de contenção de água para eliminar a necessidade de captação de água do Rio Xingu, além de ajustes na dimensão e localização de diversas estruturas. A configuração atual do empreendimento data, portanto, de Abril de 2016.

Em 19 de outubro de 2020, a Belo Sun Mineração enviou correspondência à FUNAI, em resposta aos questionamentos apresentados na Informação Técnica 63/2020, apresentando dados sobre famílias indígenas desaldeadas, moradores das comunidades Ilha da Fazenda, Vila da Ressaca, Vila do Galo e São Francisco, localizadas na área de impactos diretos do empreendimento. Este documento explicita que as famílias indígenas desaldeadas serão incluídas nos programas sociais apresentados no Plano Básico Ambiental do Empreendimento. Também é ressaltado que as comunidades Vila da Ressaca, Vila do Galo e São Francisco poderão ser relocadas. Por conta disso, o documento indica que foi elaborado um programa de ações de inclusão social, negociação e gestão territorial, com programas ambientais para meio físico e biótico das áreas onde se encontram as referidas comunidades. Em termos de questões ambientais, o documento enumera as principais dúvidas apresentadas pelos moradores das áreas afetadas, que são o potencial de contaminação por arsênio, a estabilidade das barragens de rejeito, a

captação e uso de água e o fechamento da mina, além de outros temas socioeconômicos.

### **Descrição dos principais riscos ambientais do Projeto Volta Grande: qualidade e disponibilidade das águas na Volta Grande do Xingu e setores a jusante**

Desde 2011, e principalmente a partir do ano de 2015, tornou-se impraticável analisar qualquer aspecto da Volta Grande do Xingu de maneira isolada. Faz-se necessária a profunda contextualização com as transformações socioambientais ocorridas com a construção e operação da Usina Hidrelétrica (UHE) de Belo Monte, iniciada em Junho de 2011. Em Novembro de 2015, ocorreu o barramento do Rio Xingu para a formação dos reservatórios hidrelétricos da UHE Belo Monte, inaugurada oficialmente em Maio de 2016. O barramento e transposição das águas do Rio Xingu alterou de maneira irreversível a dinâmica hidrossedimentológica e ecológica da Volta Grande, uma das regiões mais singulares da Amazônia (Sabaj-Pérez, 2015; Zuanon et al., 2020).

O trecho da Volta Grande do Xingu a jusante da Barragem de Pimental ficou conhecido como Trecho de Vazão Reduzida (TVR), onde a disponibilidade de água é controlada pela aplicação de um hidrograma, inicialmente exposto na Nota Técnica nº 129/2009/GEREG/SOF-ANA (Agência Nacional de Águas - ANA, 2009), que reduz drasticamente a vazão da Volta Grande para atender a geração hidrelétrica na Barragem de Belo Monte. Inúmeros impactos ambientais decorreram do barramento do Rio Xingu e aplicação do referido hidrograma, com destaque para o impacto intenso sobre a vida aquática, ecossistemas alagáveis (igapó), pesca ornamental e de subsistência e transporte fluvial (Zuanon et al., 2020).

Neste contexto, é dever considerar que os riscos de contaminação de águas superficiais na Volta Grande discutidos neste relatório são amplificados pelas mudanças hidrológicas e socioambientais impostas pela UHE Belo Monte, uma das maiores obras já realizadas no país (Ministério do Planejamento, 2016). A redução da vazão da Volta Grande em até 88% em relação às vazões naturais históricas (Tabela 1, retirada de Zuanon et al., 2020) para operação da UHE Belo Monte é o mais importante fator de potencialização dos riscos ambientais associados ao Projeto Volta Grande. Portanto, é imperativo considerar a sinergia entre o risco do

Projeto Volta Grande e a atual dinâmica hidrológica da Volta Grande do Xingu.

**Tabela 1. Comparação entre vazões históricas médias mensais (1971-2014) do Rio Xingu e vazões propostas pelo hidrograma (A e B) descrito na Nota Técnica nº 129/2009/GEREG/SOF-ANA (Agência Nacional de Águas - ANA, 2009). Também são representadas as perdas (déficits em m<sup>3</sup>/s e porcentagem) das vazões naturais da Volta Grande em termos dos hidrogramas A e B. O hidrograma B é aplicado a cada dois anos.**

Mês	Hidrograma A (m <sup>3</sup> /s)	Hidrograma B (m <sup>3</sup> /s)	Média histórica (m <sup>3</sup> /s)	Déficit A (m <sup>3</sup> /s)	Déficit B (m <sup>3</sup> /s)	Déficit A (%)	Déficit B (%)
Jan	1100	1100	8600	7500	7500	87	87
Fev	1600	1600	13700	12100	12100	88	88
Mar	2500	4000	18800	16300	14800	86	78
Abr	4000	8000	19500	15500	11500	79	59
Mai	1800	4000	14700	12900	10700	88	73
Jun	1200	2000	6800	5600	4800	82	71
Jul	1000	1200	3000	2000	1800	67	60
Ago	900	900	1700	800	800	47	47
Set	750	750	1100	350	350	32	32
Out	700	700	1200	500	500	42	42
Nov	800	800	2000	1200	1200	60	60
Dez	900	900	4200	3300	3300	79	79
<b>Total</b>	17250	25950	95300	78050	69350	82	73

Os principais riscos ambientais do Projeto Volta Grande estão associados à localização da barragem de rejeito, planta de beneficiamento e lagos de contenção em áreas diretamente conectadas com o Rio Xingu por meio de drenagens e, possivelmente, por aquíferos. Na configuração atual (Fig. 1), as cavas Ouro Verde e Grotta Seca situam-se, respectivamente, a cerca de 100 e 300 metros da margem do Rio Xingu, enquanto que as pilhas de estéril e barragem de rejeitos distam cerca de 1000 e 1500 metros da margem do rio, respectivamente.



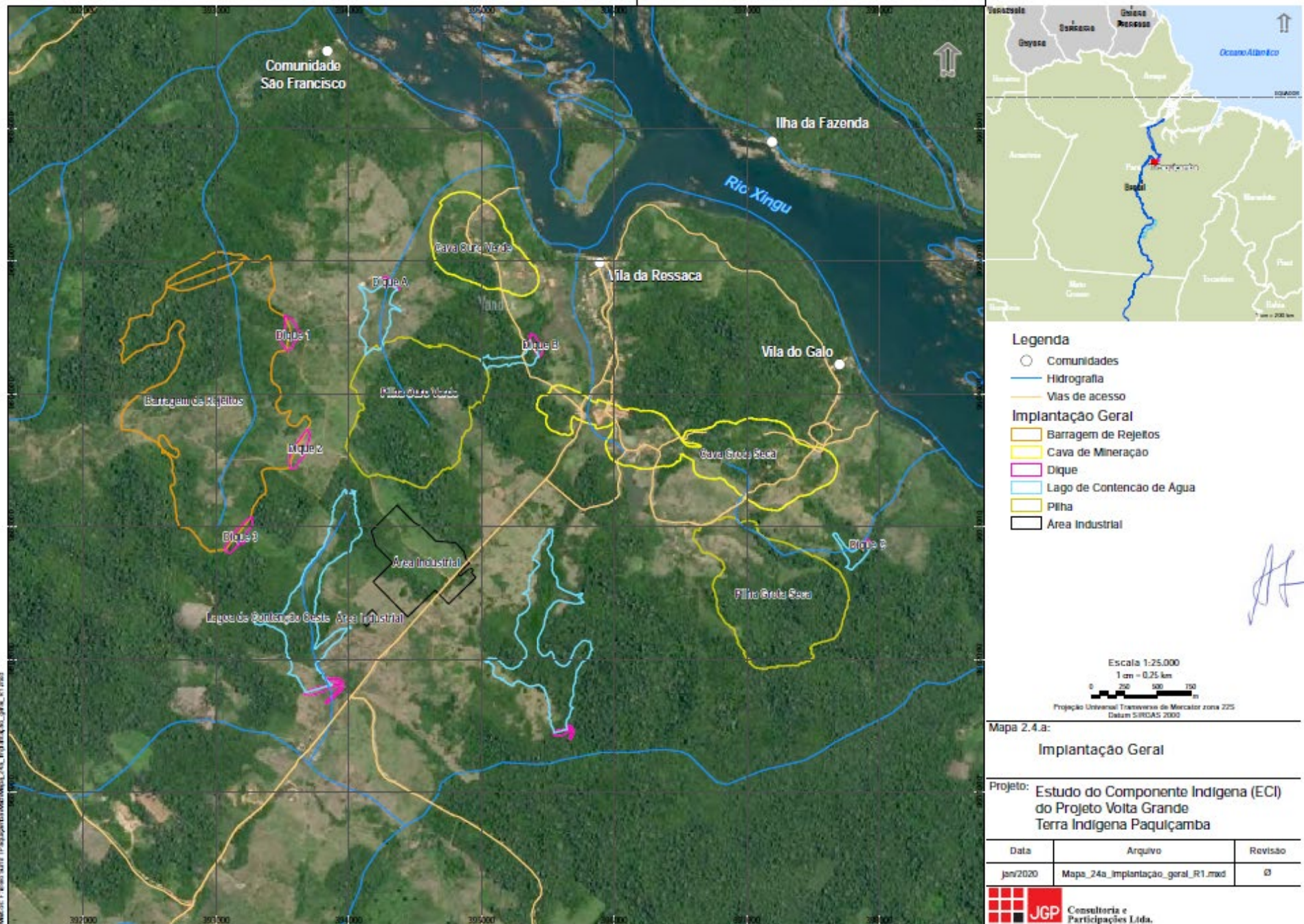


Figura 1. Layout do Projeto Volta Grande (JGP Consultoria e Participações Ltda., 2020).

Em caso de vazamentos ou rompimento de barragem de rejeitos, a conexão hídrica da área do empreendimento com o Rio Xingu implicaria dispersão e acumulação de contaminantes e material particulado em ambientes aquáticos e de inundação a jusante, que abrangem as Terras Indígenas Paquiçamba e Arara da Volta Grande situadas respectivamente a cerca 30 e 40 km da área proposta para a barragem de rejeitos. As áreas destino de contaminantes e rejeitos derivados de eventuais vazamentos ou ruptura da barragem incluem ambientes de uso para pesca e alimentação das Terras Indígenas Paquiçamba e Arara da Volta Grande. Contaminantes derivados de eventuais vazamentos ou rompimento de barragem também podem atingir outras áreas a jusante, como comunidades ribeirinhas, a Unidade de Conservação do Tabuleiro do Embaubal e a sede do município de Senador José Porfírio.

As atividades de lavra do Projeto Volta Grande envolverão a escavação mecânica do solo e da rocha alterada (com o uso de máquinas) e o subsequente desmonte da rocha sã com uso de explosivos (JGP, 2020). Foram previstas duas pilhas para disposição de estéril, i.e., rocha desprovida de minério de ouro. Prevê-se que, ao final das operações, as pilhas de estéril alcançarão altura máxima de 140 metros, que, apesar de concordar com a topografia do entorno, ilustra a dimensão da alteração paisagística esperada e o volume de material remobilizado como consequência de empreendimento de grandes proporções.

De acordo com o projeto, haverá sistema de drenagem nas pilhas de estéril com finalidade de captar efluentes pluviais e reter o material de granulação fina (VOGBR, 2016a; JGP, 2020). O projeto também prevê a implantação de diques de contenção, para evitar assoreamento de grotas e igarapés que desaguam no Rio Xingu, sendo estes efluentes bombeados e recirculados para a barragem de rejeitos, com a finalidade de reutilização na planta de beneficiamento. Salienta-se que o Xingu é um rio amazônico de água clara (Sawakuchi et al., 2015; Fitzgerald et al., 2018) e dominado por corredeiras no seu trecho médio. Logo, o aporte de material particulado fino (silte e argila), mesmo que inerte, poderá causar alterações significativas na turbidez da água enquanto que material particulado grosso (areia e cascalho) poderá assorear habitats bentônicos rochosos (pedrais) e causar impactos severos nos ecossistemas aquáticos da Volta Grande. Menciona-se ainda que a redução de vazão imposta pela operação a UHE Belo Monte

potencializa estes impactos por ter reduzido a capacidade de transporte de sedimentos na Volta Grande.

Destaca-se que o estéril foi classificado como não inerte, por possuir valores de surfactantes, arsênio, chumbo e alumínio acima dos permitidos pelas normas de classificação de resíduos ABNT NBR 10004/2004, 10005/2004 e 10006/2004 (JGP, 2020). Desta forma, coloca-se em questionamento a real segurança e efetividade dos diques de contenção e outras medidas que supostamente previnem a conexão hidráulica entre as grotas e igarapés e o Rio Xingu, considerando que uma única falha em tais sistemas, ou a presença de conexões hidráulicas através de fraturas no maciço rochoso, serão capazes de lançar efluentes não inertes no rio. Ademais, a proposta de reutilização de efluentes pluviais drenados das pilhas de estéril desconsidera o progressivo enriquecimento nos compostos não inertes ao qual a água da chuva estará sujeita ao drenar a pilha de estéril, fato que amplifica os riscos e consequências de eventual contaminação de drenagens e aquíferos adjacentes.

Não obstante, os riscos de contaminação devem ser avaliados sob a lente da ecotoxicologia, ramo do conhecimento que estuda os efeitos tóxicos causados por poluentes naturais ou sintéticos sobre quaisquer constituintes dos ecossistemas, desde microrganismos a fauna e flora (Truhaut, 1977; Tarazona e Ramos-Peralonso, 2014). Deste modo, o risco ambiental decorrente da contaminação por determinado composto não envolve somente a fase inicial de tal composto, mas também o potencial de interação do poluente com o organismo afetado por ele. Como exemplo amplamente conhecido, pode-se citar a interação de mercúrio em peixes, onde, apesar de o elemento ser muitas vezes encontrado em concentração baixa e até mesmo ser de origem natural, pode vir a formar metilmercúrio, neurotoxina nociva (Scheuhammer et al., 2012). Para o Projeto Volta Grande, recomenda-se reavaliação de cada potencial contaminante sob a ótica ecotoxicológica, considerando o cenário de que tais compostos podem vir a entrar em contato com organismos aquáticos, inclusive animais que integram a base da alimentação das comunidades indígena e ribeirinha.

Com relação à barragem de rejeitos, adianta-se que é o aspecto de maior risco socioambiental de todo o Projeto Volta Grande, tanto em termos de sua localização em relação ao Rio Xingu quanto à aspectos operacionais. A função da

barragem de rejeitos é comportar os resíduos gerados na planta de beneficiamento e servir como acumulação de água que será utilizada no beneficiamento do minério de ouro (JGP, 2020). O rejeito constitui uma mistura entre água e sólidos moídos, que forma material lamoso cujos volumes chegarão a 35 milhões de metros cúbicos ( $3,5 \times 10^7 \text{ m}^3$ ) e deverão ser armazenados de forma permanente. Sob este contexto, é imediata a lembrança dos dois recentes e trágicos episódios de rompimento de barragens de rejeitos ocorridos em Minas Gerais. O primeiro foi a ruptura da barragem de Fundão, no ano de 2015 localizada em Mariana – MG, operada pela mineradora Samarco (empreendimento conjunto da Vale e BHP Billiton), e no ano de 2019 em Brumadinho – MG, operada pela Empresa Vale S.A.. Os desastres somaram 289 mortos e desaparecidos, além de consequências ambientais imensuráveis nas bacias dos rios Doce e Paraopeba (Thompson et al., 2020). Apesar das duas importantes diferenças entre as barragens rompidas e a do Projeto Volta Grande, i.e., tratar-se de rejeitos de mineração de ouro, e não ferro, e ser construída com alçamento a jusante, e não a montante, a localização da barragem de rejeitos do Projeto Volta Grande a aproximadamente 1500 metros do Rio Xingu, que é um dos principais afluentes do Rio Amazonas, é alarmante e merece atenção destacada. Dado o contexto atual de vazões reduzidas na Volta Grande, requisitadas para operação da UHE Belo Monte, em que a vazão média ao longo do ano de acordo com determinado hidrograma é de aproximadamente  $1400 \text{ m}^3/\text{s}$  (ANA, 2009), conclui-se que cenas observadas em Minas Gerais poderiam repetir-se no Pará – os rios Paraopeba e Doce possuem vazões médias da ordem de 400 a  $1100 \text{ m}^3/\text{s}$  (CPRM, 2019).

Em termos de volume de rejeitos, o rompimento da barragem de rejeito em Brumadinho lançou cerca de 12 milhões de  $\text{m}^3$  de rejeito no Rio Paraopeba (Vale, 2019), enquanto o rompimento da barragem de Mariana lançou 43 milhões de  $\text{m}^3$  no Rio Doce (Samarco, 2015). Porém, é necessário destacar que os ecossistemas da Volta Grande do Xingu são imensamente mais complexos e diversos, e incluem espécies endêmicas ameaçadas de extinção (Winemiller et al., 2016). Por exemplo, a espécie de peixe *Hypancistrus zebra*, endêmica da Volta Grande, integra a lista de espécies ameaçadas de extinção e já perdeu cerca de 50% do seu habitat original (Gonçalves, 2011) para construção do reservatório da Barragem Pimental (UHE Belo Monte).



A barragem de rejeitos do Projeto Volta Grande é prevista exatamente em um canal tributário do Rio Xingu (igarapé). Apesar dos mecanismos adotados que visam o aumento da segurança hídrica e geotécnica da barragem, além de simulações de rompimento (“*dam break*”), basta uma falha ou mau-funcionamento para vazamento de compostos tóxicos para a Volta Grande do Xingu. O impacto que eventual lançamento de rejeitos teria sobre a vida aquática, considerando a degradação da qualidade da água e possibilidade de plumas de turbidez, é negligenciado com base unicamente na segurança promovida por tais mecanismos, tais como modo de construção por alteamento a jusante. O caráter permanente da barragem de rejeitos muitas vezes é colocado em segundo plano, sendo escassas as informações a respeito do descomissionamento e recuperação da área da barragem após o período previsto para lavra. Considerando a impossibilidade de se garantir a segurança de tais estruturas por períodos que contemplam muitas décadas, a existência de tamanho passivo “ao lado” do Rio Xingu soma-se ao já instaurado “terror” pelo qual passam populações ribeirinhas e indígenas da Volta Grande do Xingu (De Francesco, 2020), constituindo risco ambiental semipermanente, que deve ser suprimido antes de qualquer hipótese de operação da lavra.

Com relação à planta e processo de beneficiamento, destaca-se a utilização de cianeto de sódio para a recuperação da fração mais fina do ouro associado à rocha-fonte do minério. O cianeto de sódio (NaCN) é um sal de alta toxicidade solúvel em água. Forma com facilidade o gás cianeto de hidrogênio, também altamente tóxico e volátil. Após a utilização para extração do ouro, o efluente contendo cianeto passa por processo de detoxificação, que conta com um tanque específico para a oxidação do cianeto por dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>).

O teor de cianeto no efluente que sai da planta de beneficiamento para a barragem de rejeitos (inferior a 0,2 mg/L) está de acordo com a legislação pertinente (JGP, 2020). O ECI afirma que a concentração do efluente é:

*“suficiente para atender aos padrões de qualidade da água para rios de águas doces classe 2, considerando o fator de diluição do efluente (valor de referência igual a 0,005 mg/L segundo a Resolução CONAMA n° 357 de 2005). Portanto, a água contida no lago da barragem se enquadra nos padrões de qualidade para rios de água doce classe 2.”*

Dentre os pontos a serem elucidados com relação aos riscos do emprego de compostos de cianeto nas atividades da mineração, especialmente no contexto específico de proximidade com drenagens e ecossistemas de grande importância, podem-se citar a falta de maior aprofundamento sobre o fator de diluição do efluente que foi considerado para o lago da barragem de rejeitos, além de análises de risco de exposição de solos e aquíferos que possam ser contaminados em casos de acidentes durante o transporte de compostos de cianeto que ocorrem em várias fases da operação.

Considerando o contexto geológico em que o Projeto Volta Grande está inserido, a presença de aquíferos porosos e, principalmente, fraturados, gera potencial de fluxo subterrâneo de água da barragem de rejeitos em direção ao nível de base local e regional (Igarapés e Rio Xingu). Isso pode levar ao transporte dos elementos e compostos químicos presentes nos rejeitos, como cianeto, surfactantes, arsênio, chumbo e alumínio, para os aquíferos e as drenagens. Dois levantamentos de fraturas e avaliações de permeabilidade foram realizados na área do empreendimento, com intuítos distintos, através de levantamentos geotécnicos e geofísicos de superfície, nas áreas entre as duas cavas e o Rio Xingu.

O primeiro foi executado para obter os dados necessários para a elaboração do projeto da barragem de rejeitos (Relatório Técnico VG16-191-1-EG-RTE-0001, VOGBR, 2016a), e utiliza dados de testemunhos de sondagem, seções geológico-geotécnicas, ambos nas áreas dos eixos das barragens de rejeitos e dos diques de selas, além de estudos hidrológicos e geotécnicos. O segundo (VOGBR, 2016b) teve o objetivo de determinar as características hidráulicas existentes nas áreas das cavas previstas do empreendimento, buscando identificar:

*“estruturas persistentes, além de apresentar uma reinterpretação das seções geomecânicas do modelo, mais especificamente a seção geomecânica OV-350 NW por meio dos novos dados, que em sua primeira interpretação, em 2012, mostrava uma possível “camada” persistente de maciço de Classe geomecânica III (de maior grau de fraturamento)”*

Os relatórios indicaram que existe permeabilidade no maciço rochoso, ainda que baixa. Dois pontos precisam ser ressaltados: 1) os ensaios realizados na área da barragem de rejeitos focaram apenas as regiões onde seriam construídas estruturas de contenção do rejeito, e não em toda a área a ser coberta com o

rejeito, e 2) os levantamentos apresentados nos dois relatórios focam na identificação de feições com permeabilidade altas, que possam colocar em risco as estruturas da barragem de rejeitos ou que permitam a entrada significativa de água do rio Xingu nas cavas. Do ponto de vista do transporte de contaminantes, fraturas e falhas de baixa permeabilidade podem ter um papel muito relevante. Em sistemas de rochas fraturadas, é necessária a aplicação de vários métodos específicos e tipos de modelagem adequados à situação geológica e hidrogeológica da região (Neuman, 2005). Assim, os levantamentos geofísicos e geomecânicos executados pelo empreendedor não permitem obter resultados no nível de detalhe adequado para identificar a possibilidade de ocorrência de plumas de contaminação através de descontinuidades (falhas, fraturas e zonas de cisalhamento) no maciço rochoso nas áreas da barragem de rejeitos. Uma vez que o gradiente hidráulico seja elevado com o enchimento da área a montante da barragem de rejeitos, as descontinuidades discretas na rocha podem conduzir contaminantes para a região a jusante da barragem, potencialmente contaminando solo, igarapés, nascentes e o aquífero fraturado com o passar dos anos.

A contaminação de solo e água, principalmente subterrânea, pode ocorrer lentamente, sem que o processo seja perceptível até que esteja em estágio avançado, com grandes áreas afetadas. Os processos de mobilização de metais e geração de drenagem ácida podem ser complexos, dependem da geoquímica da rocha explorada e dos rejeitos e das condições de armazenamento, fazendo com que predições cuidadosas sejam necessárias (Dold, 2017). O espalhamento em rochas fraturadas adiciona grande complexidade à sua avaliação, podendo aumentar significativamente as distâncias percorridas pelos contaminantes. Uma vez que a contaminação tenha ocorrido, sua reversão costuma ser difícil, demorada e de alto custo, ou até mesmo impossível. Isso faz com que seja fundamental realizar levantamentos com técnicas e nível de detalhe adequados para detectar descontinuidades na rocha que, mesmo com baixa permeabilidade, possam a longo prazo permitir o transporte de contaminantes para nascentes e aquíferos adjacentes. Portanto, deve-se realizar levantamentos com um conjunto de métodos apropriados para áreas contaminadas em aquíferos fraturados (e.g. Fiume et al., 2020) na nova região selecionada para acomodar a barragem de rejeitos, que concentrará mais contaminantes do que as cavas de extração de

minério. Depois de estabelecidos os possíveis modelos conceituais hidrogeológicos de propagação de contaminantes com métodos e escala de trabalho adequados para áreas contaminadas, é necessário simular cenários de deslocamento de contaminantes, sua interação com o meio e potenciais evoluções de reatividade (Brookfield et al., 2006), em escala de tempo adequada para a presença dos rejeitos no meio ambiente. A presença de feições de alta permeabilidade no contato saprólito-rocha como lentes de areia grossa de espessura métrica localizadas (VOGBR, 2016a) elevam a possibilidade de espalhamento significativo. A diversidade dos processos físicos e químicos que regem contaminações em meios geológicos complexos exige que as simulações sejam feitas com modelos numéricos específicos para estas situações (Neuman, 2005; Molson et al., 2012). Com base nos resultados obtidos, devem ser elaboradas estratégias de monitoramento da qualidade da água subterrânea, de nascentes, de solo e do meio biótico de longo prazo. Tendo em vista que o tempo de atividade previsto para a mina é de 12 anos, deve-se ressaltar a importância de exigir a continuidade do monitoramento após o fim das atividades.

Em usinas de processamento de minérios de cobre e ouro, ocorre mortalidade de pássaros e morcegos com maior intensidade devido à maior toxicidade dos compostos ciano-complexos de cobre (Donato et al., 2007). O cianeto quando liberado em corpos receptores pode causar mortalidade de peixes, anfíbios e insetos aquáticos, além de danos à vegetação aquática e isto dependerá de alguns fatores ambientais, tais como pH, temperatura, teor de oxigênio e suscetibilidade dos organismos (Souza, 2014).

As análises feitas para determinar os cianetos devem, portanto, ser adequadas às espécies químicas que podem estar presentes no ambiente e considerar os processos geoquímicos que podem ocorrer nas localidades em questão. No caso específico do Projeto Volta Grande, as condições geológicas e ambientais da região em questão são complexas, representadas por unidades de rochas sedimentares, ígneas e metamórficas diversas, com intensa trama de fraturas e coberturas superficiais diversas (sedimentos, solos e regolitos). A análise de cianeto total permite quantificar o total de cianeto presente no ambiente, mas exclui o tiocianeto ( $\text{SCN}^-$ ) e complexos de cianeto com metais nobres como ouro e platina (Kjeldsen, 1999).

O acompanhamento das questões elencadas acima por parte da população local é fundamental. Porém, a complexidade dos assuntos torna necessária a formação de pessoas com conhecimento técnico suficiente para a compreensão dos resultados do monitoramento ambiental e dos seus potenciais riscos socioambientais. Enquanto não houver recursos humanos locais capacitados, o acompanhamento deve ser executado por especialistas independentes, ou seja, sem vínculos diretos ou terceirizados com o empreendedor. O monitoramento iniciado antes do início do empreendimento deve ser feito em todo o entorno da área que pode ser afetada por cada um dos riscos de contaminação.

As atividades mencionadas podem requerer recursos financeiros e materiais fora do alcance das populações indígenas afetadas. Por exemplo, caso a comissão indígena responsável por avaliar criticamente o atendimento às demandas por parte do EIA-CI tenha indícios para acreditar que está havendo contaminação de água subterrânea, seja no manto de intemperismo, seja na rocha fraturada, haverá custo elevado para realizar avaliação, que inclui a perfuração de piezômetros nas áreas passíveis de contaminação, coleta de amostras, realização de análises químicas de compostos pouco usuais, tais como os sub-produtos do cianeto, ou de metais lixiviados e transportados em plumas de contaminação. Portanto, deve sempre haver suporte financeiro para que as atividades necessárias sejam desenvolvidas em escala de tempo adequada à existência do risco.

Reforça-se que o elemento crítico dos riscos socioambientais identificados é a localização proposta para a planta de beneficiamento, barragem de rejeito e reservatórios, em grande proximidade com o Rio Xingu. Recomenda-se a não aceitação do projeto enquanto não forem dadas alternativas para a realocação de tais estruturas. Apresenta-se a seguir conjunto de ações propostas para avaliar os riscos de contaminação ambiental com maior precisão e segurança, assim como planejar medidas de contingência em caso de impactos ambientais nas regiões de influência direta e indireta do empreendimento.

## **Sumário de medidas propostas para a avaliação adequada de riscos de contaminação**

- a) Justificar a escolha das áreas da planta de beneficiamento, barragem de rejeito e lagos de contenção e quais foram os critérios considerados para minimizar os riscos ambientais;
- b) Informar lista de compostos particulados e em solução gerados pelo beneficiamento e destinados à barragem de rejeito;
- c) Apresentar mapa das rotas de escoamento superficial da área do empreendimento (mapa topográfico de detalhe);
- d) Realizar simulações para prever as rotas de dispersão e acumulação dos compostos particulados e em solução nos setores do Rio Xingu a jusante do empreendimento, considerando as vazões que UHE Belo Monte estabelecerá para a Volta Grande ao longo do ano e cenários sob eventos extremos de seca e de chuva;
- e) Fazer simulações numéricas de dispersão de plumas de contaminação por elementos e compostos químicos nocivos ao ambiente e/ou à saúde humana, com o objetivo de avaliar a área sujeita a potencial contaminação, a partir de dois cenários: sem ruptura da barragem de rejeitos, e com a ruptura da barragem de rejeitos, em escala temporal adequada;
- f) Apresentar o plano de contingência para vazamentos ou rompimentos de barragens, considerando os cenários de vazão estabelecidos pelo hidrograma da UHE Belo Monte para a Volta Grande;
- g) Realizar levantamentos que sigam a literatura atual para identificação de feições discretas hidráulicamente ativas na rocha, mesmo que de baixa permeabilidade, com métodos indiretos e diretos adequados para as características geológicas da região e para a potencial geração de plumas de contaminação nos meios subterrâneos;
- h) Elaborar modelo conceitual e numérico de fluxo para a propagação de plumas de contaminação reativas através de fraturas em escala de tempo adequada com a presença dos contaminantes na barragem de rejeitos;

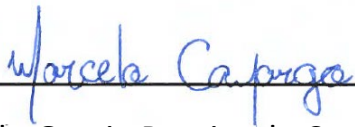


- i) Apresentar o plano de monitoramento ambiental para detectar vazamentos (solo, sedimentos superficiais, água superficial, água subterrânea e biota), incluindo malha amostral, frequência de amostragem e métodos analíticos. Informar os valores de referência dos possíveis contaminantes no ambiente (malha amostral) na fase pré-operação da mina;
- j) Formar comitê de monitoramento ambiental com representantes de todas as partes envolvidas e com especialistas/instituições independentes;
- k) Publicar e divulgar relatórios do monitoramento ambiental dos ecossistemas aquáticos e alagáveis utilizados pelas comunidades indígenas, em repositório de fácil e amplo acesso para a sociedade civil;
- l) Apresentar plano específico de descomissionamento da barragem de rejeitos e sua participação no plano econômico do empreendimento;
- m) Apresentar os dados que levaram à estimativa da fase operacional entre 12 e 17 anos, incluindo as incertezas desta estimativa;
- n) Informar quais cenários poderiam levar a expansão da fase operacional por meio de mina subterrânea (possibilidade aventada no relatório) e a duração desta fase;
- o) Apresentar detalhamento de caráter ecotoxicológico da interação entre compostos não inertes utilizados na operação da lavra e encontrados na rocha estéril e organismos que compõem os ecossistemas aquáticos e alagáveis potencialmente afetados pelo empreendimento;
- p) Elaborar cenários operacionais que considerem a mudança de localização da barragem de rejeitos para região mais distante do Rio Xingu e quaisquer igarapés, simulando impacto financeiro-logístico de tal mudança.

## Referências bibliográficas

- ANA, 2009. Nota Técnica nº 129/2009/GEREG/SOF-ANA. Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica para o aproveitamento hidrelétrico Belo Monte. Agência Nacional de Águas, 59 pp.
- Brookfield, A.E., Blowes, D.W., Mayer, K.U., 2006, Integration of field measurements and reactive transport modelling to evaluate contaminant transport at a sulfide mine tailings impoundment, *Journal of Contaminant Hydrology*, 88 (1-2): 1-22.
- De Francesco, A., 2020. Terror e resistência no Xingu. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas. 209 pp.
- Dold, B., 2017, Acid rock drainage prediction: A critical review, *Journal of Geochemical Exploration*, 172: 120-132.
- Donato, D.B., Nichols, O., Possingham, H., Moore, M., Ricci, P.F., Noller, B.N., 2007. A critical review of the effects of gold cyanide-bearing tailings solutions on wildlife. *Environment International*, 33 (7): 974-984.
- Fitzgerald, D.B., Sabaj-Perez, M.H, Sousa, L.M., Gonçalves, A.P., Py-Daniel, L.R., Lujan, N.K., Zuanon, J., Winemiller, K.O., Lundberg, J.G., 2018. Diversity and community structure of rapids-dwelling fishes of the Xingu River: Implications for conservation amid large-scale hydroelectric development. *Biological Conservation*, 222: 104-112.
- Fiume, B., Fernandes, A.J., Barbosa, M.B., Hirata, R., Bertolo, R.A., 2020. Integrated application of geophysical loggings and fracture survey on rock exposures for identifying transmissive fractures in crystalline aquifer: case study in the city of São Paulo. *Brazilian Journal of Geology*, 50: 1-17.
- Gonçalves, A.P., 2011. Ecologia e etnoecologia de *Hypancistrus zebra* (Siluriformes: Loricariidae) no rio Xingu, Amazônia brasileira. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará. 137 pp.
- JGP Consultoria e Participações Ltda., 2020. Estudo do Componente Indígena (ECI) – Terra Indígena Paquicamba. Processo FUNAI nº 08620.19136/2012-40. 816 pp.
- Kjeldsen, P., 1999. Behaviour of Cyanides in Soil and Groundwater: A Review. *Water, Air and Soil Pollution*, 115: 279-308.
- Ministério do Planejamento, 2016. 10 Maiores obras do PAC 2. Disponível em <pac.gov.br/i/f1e1c8ab>. Governo Federal. Acesso em 10/10/2020.
- Molson, J., Aubertin, M., Bussièrre, B., 2012. Reactive transport modelling of acid mine drainage within discretely fractured porous media: Plume evolution from a surface source zone. *Env. Modelling & Software*, 38: 259-270.
- Neuman, S.P. 2005. Trends, prospects and challenges in quantifying flow and transport through fractured rocks. *Hydrogeology Journal*, 13: 124-147.
- Sabaj-Pérez, M.H., 2015. Where the Xingu bends and will soon break. *American Scientist*, 103: 395-403.
- Samarco, 2015. Rompimento da barragem de Fundão. Disponível em <samarco.com/rompimento-da-barragem-de-fundao/>. Acesso em 24/10/2020.

- Sawakuchi, A.O., Hartmann, G.A., Sawakuchi, H.O., Pupim, F.N., Bertassoli, D.J., et al., 2015. The Volta Grande do Xingu: Reconstruction of Past Environments and Forecasting of Future Scenarios of a Unique Amazonian Fluvial Landscape. *Scientific Drilling*, 20: 21-32.
- Scheuhammer, A.M., Basu, N., Evers, D.C., Heinz, G., Sandheinrich, M.B., Bank, M.S., 2012. Ecotoxicology of mercury in fish and wildlife: recent advances. In: *Mercury in the environment: Pattern and process*, 223-238.
- Souza, C.M.A., 2014. Biodegradação de cianeto em efluente siderúrgico utilizando lodo da estação de tratamento biológico e lodo liofilizado, em escala laboratorial e planta piloto. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 84p.
- Tarazona, J.V., Ramos-Peralonso, M.J., 2014. Ecotoxicology. In: *Encyclopedia of Toxicology (Third Edition)*: 276-280.
- Thompson, F., et al., 2020. Severe impacts of the Brumadinho dam failure (Minas Gerais, Brazil) on the water quality of the Paraopeba River. *Science of the Total Environment*, 705, 135914.
- Truhaut, T., 1977. Ecotoxicology: objectives, principles and perspectives. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 1: 151-173
- Vale, 2019. Brumadinho. Disponível em <[vale.com/esg/pt/Paginas/Brumadinho.aspx](http://vale.com/esg/pt/Paginas/Brumadinho.aspx)>. Acesso em 24/10/2020.
- VOGBR, 2016 a. Projeto de Viabilidade Barragem de Rejeitos – *Relatório Técnico* Número VG16-191-1-EG-RTE-0001, Rev. 1, 55 p. + Apêndices.
- VOGBR, 2016 b. Projeto de Viabilidade – Avaliação Geomecânica do Maciço Entre as Cavas e o Rio Xingu. *Relatório Técnico* Número VG16-191-1-EG-RTE-0005, Rev. 1., 23 p. + Apêndices.
- Winemiller, K.O., et al., 2016. Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo and Mekong. *Science*, 351: 128-129.
- Zuanon, J.A.S., et al., 2020. Condições para a manutenção da dinâmica sazonal de inundação, a conservação do ecossistema aquático e manutenção dos modos de vida dos povos da volta grande do Xingu. *Papers do NAEA*, 28:120.

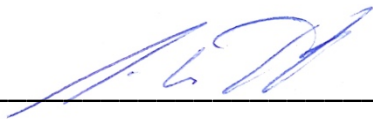


---

Marcelo Garcia Pereira de Camargo

Geólogo, Mestre em Ciências

Consultor independente



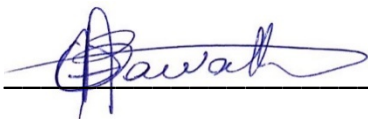
---

Ingo Daniel Wahnfried

Geólogo, Professor Doutor

Departamento de Geociências

Instituto de Ciências Exatas – Universidade Federal do Amazonas



---

André Oliveira Sawakuchi

Geólogo, Professor Doutor

Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental

Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo

São Paulo e Manaus,  
11 de Janeiro de 2021