

# Construtibilidade: A Aplicação em Pilhas de Estéril e/ou Rejeito

Phillipe Justino Martins

Engenheiro Civil, AngloGold Ashanti, Belo Horizonte, Brasil, pjustinom@gmail.com

Marcio Fernandes Leão

Geólogo-Geotécnico, Tractebel/UFV, Belo Horizonte, Brasil, marciotriton@hotmail.com

**RESUMO:** A pilha de estéril e/ou rejeito distingue-se de uma barragem devido a possibilidade do empilhamento desses materiais provenientes do processo de mineração, por meio da prática da construção de aterros. Para a execução de uma pilha, há de ser executado o estudo de construtibilidade. Assim, esse artigo objetivou elencar o estudo de construtibilidade para a execução de uma pilha de estéril e/ou rejeito por meio da identificação das etapas e estruturas de apoio para a construção e o cálculo dos consumíveis do projeto. A metodologia foi baseada no CAPEX e OPEX para pilhas e com base na experiência dos autores. Foram destacados os principais consumíveis em projetos dessa natureza a partir de um projeto hipotético para a identificação das estruturas que devem ser executadas e aquelas que devem ser implantadas no decorrer da disposição do estéril (CAPEX) e outras após a disposição (OPEX). Com toda a integração dos responsáveis é possível a redução de custos, minimização dos impactos ambientais e prevenção de potenciais acidentes futuros. Por fim, é importante reconhecer que a construtibilidade de pilhas de estéril e/ou rejeitos enfrentam: desafios, novas pesquisas e investimentos. Esses elementos são necessários para aprimorar os métodos construtivos, bem como garantir a adaptação da indústria às futuras demandas regulatórias e ambientais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Construtibilidade, Pilhas de Rejeito, Planejamento.

**ABSTRACT:** The waste pile and/or tailings is different from a dam due to the possibility of piling these materials from the mining process, through the practice of building landfills. To build a pile, the constructability study must be completed. Therefore, this article aimed to list the entire constructability study for the execution of a waste and/or waste pile by identifying the steps and support structures for the construction and calculating the project consumables. The methodology was based on CAPEX and OPEX for batteries and based on the authors' experience, highlighting the main consumables in projects of this nature from a hypothetical project to identify the structures that must be executed and those that must be implemented during the waste disposal (CAPEX) and others after disposal (OPEX). With all the integration of those responsible, it is possible to reduce costs, minimize environmental impacts and prevent potential future accidents. Finally, it is important to consider that the constructability of waste piles and/or tailings faces challenges and new research and investments are necessary to improve construction methods, as well as guarantee the industry's adaptation to future regulatory and environmental demands.

**KEYWORDS:** Constructability. Tailing Piles. Planning.

## 1 INTRODUÇÃO

Em projetos de construtibilidade, há a preocupação com a mão-de-obra especializada para tal, sendo essa escassa quando abordados projetos de empilhamento. Há ainda questões relacionadas com: o orçamento, o prazo de conclusão e os insumos. Esses últimos que se não estiver na obra no tempo certo e com a qualidade ideal, haverá problemas com o prazo, bem como o orçamento. Para evitar diversos problemas na etapa de execução, é executado todo o planejamento nas etapas anteriores, tais como: Estudos iniciais, projeto conceitual, projeto básico e projeto detalhado. Nestas etapas, executa-se o estudo de construtibilidade, responsável por informar o quantitativo de: mão-de-obra, equipamentos, combustíveis, resíduos gerados, locais disponíveis para a busca dos insumos, água, energia e demais itens necessários para a perfeita execução da obra. Apesar da definição, a etapa de construtibilidade é distinta para uma barragem e uma pilha. A barragem de rejeitos recebe rejeito disposto por meio de tubulações em sua forma líquida (lama ou rejeito hidráulico). Já a pilha (estéril e/ou rejeito) se difere das barragens por tratar-se da disposição à seco ou dry stacking, de materiais provenientes do processo de mineração. Desta forma, o estudo de

construtibilidade para os empilhamentos torna-se complexo devido a pilha em si sofrer alteamentos conforme necessidade, além da utilização de materiais heterogêneos, ao longo do período construtivo.

Assim, esse artigo objetivou elencar todo o estudo de construtibilidade para a execução de uma pilha de estéril e/ou rejeito por meio da identificação das etapas e estruturas de apoio necessárias à execução, bem como o cálculo dos consumíveis do projeto.

## 2 METODOLOGIA

A metodologia foi baseada no *Capital Expenditure* (CAPEX), ou em português despesas de capital e no *Operational Expenditure* (OPEX), ou em português despesas operacionais para pilhas, com base na experiência dos autores. Para a elaboração do estudo de construtibilidade, deve-se entender todo o escopo do projeto, ou seja, identificar quais estruturas necessitam ser executadas ao longo do processo (CAPEX) e quais deverão ser executadas após a disposição (OPEX) ao longo do projeto. Foram destacados os principais consumíveis em projetos dessa natureza, a partir de um projeto hipotético. Além disso, foram analisadas as diversas etapas envolvidas na construção de pilhas de estéril e/ou rejeito, destacando-se a relevância da distinção entre despesas de capital (CAPEX) e despesas operacionais (OPEX). Inicialmente, detalham-se as etapas construtivas, contemplando todas as estruturas necessárias, tanto para o início quanto para a continuidade, bem como a conclusão da disposição do material. Em seguida, discute-se o estudo de construtibilidade, que envolve a quantificação das atividades, equipamentos, mão-de-obra, consumo de combustíveis, energia, água, resíduos e efluentes, além da localização das estruturas de apoio.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A compreensão do sequenciamento construtivo revela-se essencial para o planejamento das atividades e desembolsos, sendo imprescindível a análise detalhada de cada estrutura e local de construção, bem como a logística necessária para a entrega dos materiais. As etapas de construção de uma pilha são constituídas entre CAPEX e OPEX, sendo o CAPEX todas as estruturas que são necessárias para o início da disposição de estéril e/ou rejeito e o OPEX na disposição ou após a disposição.

O estudo de construtibilidade foi executado como método de quantificação, ou seja: das atividades, equipamentos, mão-de-obra direta e indireta, consumo de combustíveis, energia, água, resíduos e efluentes, bem como a localização dos locais em que serão colocadas as estruturas de apoio, sendo elas. Essas áreas são: Área de Depósito de Material Excedente (ADME), sendo este empregado em local diferente para material estéril e para material do tipo topsoil; Área de Depósito de Material Lenhoso (ADML); Canteiro de Obras; Localização do Apanhador de Água; e Pátio de Agregados.

O projeto de construção da pilha deve informar o sequenciamento construtivo da pilha. Tal sequenciamento é analisado para o planejamento das atividades e desembolso necessário para a execução da estrutura. A análise da planilha de quantidades junto ao sequenciamento construtivo fornece ao planejador responsável os principais elementos para a execução do estudo de construtibilidade.

Para a análise do projeto, é verificada cada estrutura a ser construída, tanto no local em que será empregada, quanto na logística necessária para a entrega dos materiais. A caracterização do local em que será construída a estrutura é de vital importância para o projeto. Abaixo será descrita cada atividade de análise em projetos de empilhamento.

A análise para construção dos acessos de sondagem não limita-se a planta do local. É feita a análise verificando o local em que será implementada a pilha, de maneira a verificar as principais interferências; caso possível ocorrer a relocação da pilha mediante as interferências apontadas; reduzindo assim o custo inicial da obra, bem como a interferência com o meio ambiente. Também verifica-se o cruzamento com cursos d'água para a execução de travessias ou a relocação da pilha, conforme supracitado. Além disso, a presença de edificações em locais de interesse para sondagem, a ausência de acessos para essas ou mesmo com a existência, questões relacionadas a geometria (largura e declividade) devem ser consideradas nas análises. Ainda nesse tema, é preciso identificar a presença de vegetação densa ou se há alternativas para a sua relocação, bem como a presença de linha de transmissão ou de distribuição. Esses itens podem ser impeditivos para a execução do acesso.

Para a execução das sondagens é necessária o desenvolvimento de uma praça, cuja geometria é dependente do tipo de equipamento e atividade, devendo haver previsibilidade de mudanças dos custos calculados em função da dinâmica do projeto. Verifica-se também se o equipamento atende a critérios de segurança, às declividades da praça à ser construída ou se é necessário um ajuste no greide. Verifica-se também todas as estruturas necessárias para a sua execução.

Em relação ao canteiro, esse deve atender o efetivo e com condições adequadas. Por fim, deve ser verificado o balanço de corte e aterro e se está equilibrado, ou se é necessário o seu empréstimo ou bota-fora. Importante verificar se o local em que será disposto o topsoil e/ou material lenhoso atende o volume.

O resgate de fauna e flora é um dos elementos anteriores à construção da pilha. Segundo Lacerda, et al., (2021) esse processo é executado por biólogos que fazem o acompanhamento técnico nas frentes de supressão, afugentando os espécimes da fauna. Segundo Walter, et al. (2005) o resgate de flora se diferencia do resgate de fauna devido a essa ser móvel enquanto que a flora não.

Os acessos construtivos diferem-se dos acessos de sondagem devido à serem de maior porte, bem como necessário comportar os equipamentos que ali irão passar. Esses devem ser analisados conforme os acessos de sondagem. O acesso operacional é caracterizado como o acesso para disposição do estéril e/ou rejeito na pilha, sendo analisado conforme o acesso construtivo. Para tal, é verificado o local, conforme a curva cota x área x volume do projeto, para melhor atendimento e com menor custo.

A supressão vegetal ocorre de maneira progressiva com as etapas da obra, sendo necessária a sua verificação por parte: da área suprimida, a quantidade de equipamentos ali empregada e os acessos em que esses equipamentos irão trafegar até a ADML. Esse que por sua vez deverá ser calculado por meio do inventário florestal.

A limpeza superficial irá ocorrer nas áreas de ocorrência de topsoil. Sua verificação ocorre devido a: quantidade de material a ser retirado, área, sua profundidade (30 ou 50 cm), bem como a distância até o ADME de topsoil.

O empilhamento, por se tratar de uma obra geotécnica, a qual haverá disposição de grande material (estéril e/ou rejeito), o tratamento de fundação é empregado em regiões críticas definidas pelos estudos geológico-geotécnicos. Assim, são verificados todos os itens conforme a limpeza superficial, alterando-se o seu local de disposição que ocorrerá no ADME de estéril ou mesmo confinado na própria pilha.

A análise para a execução da drenagem interna é dependente: dos acessos, da área disponível para os equipamentos (escavadeiras e caminhões basculantes) no local de execução, bem como o pátio de agregados próximo à drenagem interna (reduz custos no deslocamento de material do pátio de agregados até a frente de obra). Para o pátio de agregados, verifica-se o quantitativo do material a ser consumido mensalmente, considerando uma margem de segurança para não faltar material nas frentes de serviço, executando assim o planejamento do quantitativo total que será disposto no pátio de agregados. Na Figura 1 é apresentada simulação para o dimensionamento de um pátio de agregados.

A drenagem superficial da etapa de CAPEX é influenciada pelos: canais de desvio, travessias, bueiros, galerias e canais periféricos. Esses itens são analisados para: a verificação da mão-de-obra necessária, a logística dos materiais, a área para emprego da mão-de-obra necessária e se existem fornecedores de materiais de construção próximos à região para planejamento das atividades executivas. A etapa de drenagem superficial do tipo OPEX é caracterizada por elementos após ou durante à disposição do material (rejeito e/ou estéril), sejam: as canaletas de berma, descidas d'água, canais e etc. Para essa etapa, analisa-se o quantitativo de mão-de-obra, logística necessária e o tempo em que será executada.

As drenagens temporárias ocorrem no desenvolver da pilha, sendo essas construídas em sua maioria das vezes por meio de escavação do terreno natural e colocação de enrocamento. Para esta análise, verifica-se o local, a área para emprego da mão-de-obra, os equipamentos necessários e o tempo para a execução.

Os sistemas de contenção de sedimentos conhecido por *Sediment and Upstream Management Plan (SUMP)* ou Diques são construídos na maioria das vezes nos cursos de água. Esses devem ser verificados para a sua construção, sendo avaliado o desvio dos cursos, executando corta-rios ou elementos similares. Sua análise de construtibilidade ocorrerá por meio: da mão-de-obra necessária, de equipamentos, do local de disposição do material escavado, da distância média de transporte e sua área.

A disposição de estéril e/ou rejeito ocorre por meio de camadas (controle de umidade e compactação). Para essa etapa, verifica-se o quantitativo de equipamentos e mão-de-obra, conforme o *masterplan* de material gerado pelos filtros e/ou da mina.

	Mês 01	Mês 02	Mês 03	Mês 04	Mês 05	Mês 06
Volume Adquirido (m <sup>3</sup> )	225	100	50	50		
Volume consumido (m <sup>3</sup> )	75	75	75	75	75	50
Volume remanescente disposto no pátio (m <sup>3</sup> )	225	250	225	200	125	50
Saldo do estoque (m <sup>3</sup> )		150	175	150	125	50
Saldo (m <sup>3</sup> )	150	175	150	125	50	-
Percentual Adicional (%)	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Altura da Pilha (m)	4	4	4	4	4	4
Área Necessária (m <sup>2</sup> )	84	94	84	75	47	19
Saldo de Área (m <sup>2</sup> )	16	6	16	25	53	81
Ocupação (%)	84%	94%	84%	75%	47%	19%

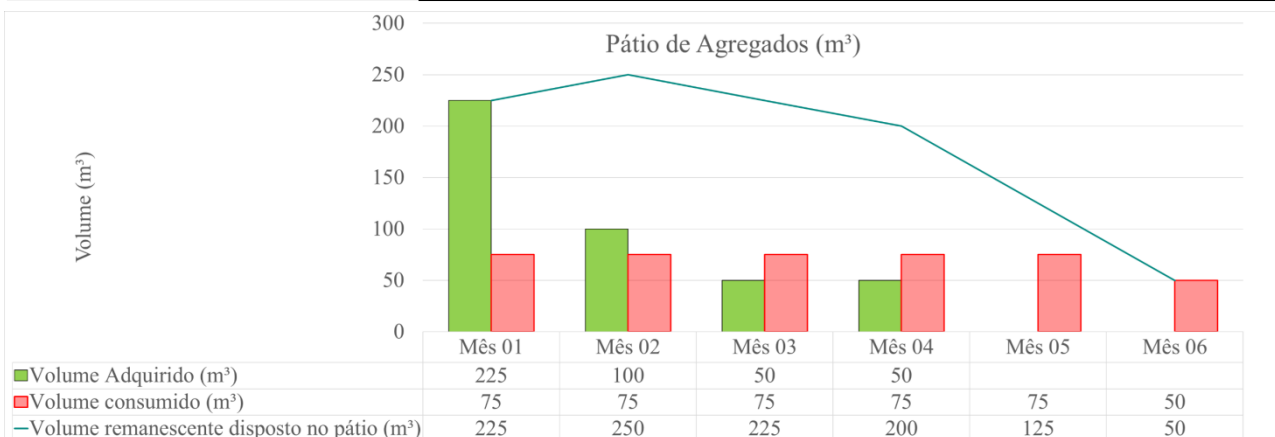


Figura 1. Dimensionamento do custo para um pátio de agregados em projetos de pilha.

Antes do empilhamento, por vezes são construídos aterros experimentais, que tem finalidade de avaliar em escala reduzida a *performance* dos materiais na pilha. Para a construção do aterro, analisa-se a: área necessária para a sua execução, as interferências e a mão-de-obra para o emprego do canteiro de obras próximo ao aterro, bem como os equipamentos necessários e a logística dos materiais e instrumentos se forem necessários.

A instrumentação é um dos elementos primordiais para avaliação do desempenho construtivo das pilhas, pois subsidiam o monitoramento geotécnico da estrutura. Essa etapa pode iniciar com as sondagens na execução de: indicadores de nível d'água (INA), piezômetros, células de recalque, marcos topográficos, dentre outros instrumentos. Analisa-se: o quantitativo de mão-de-obra, os equipamentos que serão empregados que por sua vez podem ser importados, gerando um *gap* entre o momento de compra e a instalação do mesmo, podendo alterar todo o planejamento da pilha.

A etapa final do desenvolvimento da pilha é o seu fechamento. Assim, analisa-se o plano de fechamento e o atendimento aos parâmetros baseados nos estudos técnicos de projeto.

A impraticabilidade é definida como o tempo improdutivo durante o ano. Esse estudo considera os dias de precipitação, conforme pode ser verificado na Tabela 1, bem como o detalhamento do tempo improdutivo conforme Tabela 2, gerando assim o número de dias totais para a execução da obra durante o ano.

Tabela 1. Estudo de Impraticabilidade Anual

Mês	Dias Totais	Sáb. / Dom.	Fer.	Dias Úteis	Dias de Prec.	Fator de Retomada	Dias Imprat.	Dias Prat.	Horas mês	Percentual de Imprat.
Jan	31	8	1	22	7.5	2	11	11	61	65%
Fev	28	8	3	17	4.5	2	6	11	61	61%
Mar	31	10	0	21	6	2	9	12	66	61%
Abr	30	8	2	20	3	2	4	16	88	47%
Mai	31	8	1	22	2	2	3	19	105	39%
Jun	30	10	1	19	2	2	3	16	88	47%
Jul	31	8	0	23	1	2	2	21	116	32%
Ago	31	10	0	21	1	2	2	19	105	39%
Set	30	10	1	19	2	2	3	16	88	47%
Out	31	8	1	22	4	2	6	16	88	48%

Mês	Dias Totais	Sáb. / Dom.	Fer.	Dias Úteis	Dias de Prec.	Fator de Retomada	Dias Imprat.	Dias Prat.	Horas mês	Percentual de Imprat.
Nov	30	10	1	19	7	2	9	10	55	67%
Dez	31	10	1	20	6.5	2	9	11	61	65%
Total	365	108	12	245	46.5	24	67	178	982	51%

Tabela 2. Detalhamento do Tempo Improdutivo

Descrição dos Impactos (Seg – Sex) * 07:00 as 17:00 (Seg - Qui) - 07:00 as 16:00 (Sex)	Unidade	Quantidade	(%)
Dialogo Diário de Segurança	(min.)	20	10%
Preenchimento parte diária e definições das tarefas do dia	(min.)	30	15%
Transporte de ida e volta para o refeitório (máx. 2 km)	(min.)	50	25%
Retorno para a frente de trabalho (máx. 2 km)	(min.)	50	25%
Fadiga da mão-de-obra durante o dia de trabalho	(min.)	30	15%
Procedimentos de Saúde e Segurança	(min.)	20	10%
Total minutos improdutivos dia	(min.)	200	100%
Média horas improdutivas dia	(h)	3.33	
Média horas trabalho dia	(h)	8.8	
Média horas trabalho dia produtivas	(h)	5.50	
Fator Eficiência	%	62.50%	

A quantificação dos equipamentos e mão-de-obra são dimensionados com base nos índices médios (Tabela 3). Para a etapa de CAPEX, verifica-se o cronograma iniciando a partir da liberação do licenciamento ambiental e o prazo final das obras com o início da disposição. Para a etapa de OPEX, ocorre no início da disposição até o planejado de fechamento da pilha no masterplan.

Tabela 3. Exemplos de Índices Médios.

Atividade de Implantação	Código	Quantidade	Unidade
Aplicação de junta de dilatação	AJD	5,4 HH/Unid	Equipe
Aplicação de material impermeável	AMI	146 m <sup>3</sup> /h	Rolo Compactador
Armadura em aço CA-50	ARM	0,05 HH/Unid	Equipe
Armadura em aço CA-60	ARM6	0,05 HH/Unid	Equipe
Armadura em tela soldada	ARMT	0,05 HH/Unid	Equipe
Aterro com solo argiloso - fechamento	ASAF	146 m <sup>3</sup> /h	Rolo Compactador
Armadura em aço CA-50	ARM	0,05 HH/Unid	Equipe

Para a quantificação de equipamentos e mão-de-obra, verifica-se inicialmente o quantitativo de serviços e planilha-se dividindo pelo índice médio de cada serviço, gerando assim o quantitativo de equipamentos e mão-de-obra necessários, com o prazo de início e fim, já descontados os dias por meio do estudo de impraticabilidade. Assim, tem-se o número de dias disponível para a execução das atividade, sendo possível verificar a possibilidade de execução da obra no tempo correto. Em seguida, verifica-se a área da atividade empregando todos os equipamentos e mão-de-obra. Caso a resposta seja positiva, verifica-se se é possível o emprego de turnos; caso negativo deverá ser colocado no relatório a impossibilidade da execução das obras no tempo sugerido. Caso o projeto possa ser empregado no prazo correto, elabora-se os histogramas de equipamento, bem como os serviços notáveis.

O canteiro de obras deve possuir todos os elementos necessários para o perfeito funcionamento da obra e apoio à mão-de-obra empregada. Os canteiros de obras devem ser dotados conforme BRASIL (2020) dos seguintes itens: instalação sanitária, vestiário e local para refeição. Para a execução das obras, deverá haver: escritório para o efetivo indireto, central de forma e aço (canais de concreto), reservatório de água (para os casos de locais remotos onde não há tratamento de esgoto deverá ser adotada fossa, filtro e sumidouro), energia por meio de linhas de distribuição ou geradores, local para disposição dos calça/entulho ou rejeitos da obra (colocados em caçamba), estacionamento, almoxarifado e área de lazer. Todo o cálculo necessário para o canteiro deverá ser executado conforme as normas vigentes, executando o quantitativo de: instalação sanitária, vestiários e locais para refeição conforme preconiza a norma. A área das estruturas pode ser calculada por meio da Tabela 4.

Tabela 4. Canteiro de Obras

Canteiro de Obras	Quant.	Área (m <sup>2</sup> )	Área Contêiner (m <sup>2</sup> )	Memória
Lavatórios	14	8,4		Lavatório = 1 para 20 (Conforme NR 18.5.3) / (0,6 m <sup>2</sup> para cada Lavatório)
Vasos Sanitários	14	14		Vaso Sanitário = 1 para 20 (Conforme NR 18.5.3) / (1,0 m <sup>2</sup> para cada Vaso Sanitário)
Mictório	14	8,4		Mictório = 1 para 20 (Conforme NR 18.5.3) / (0,6 m <sup>2</sup> para cada Mictório)
Vestiário	264	326,3		Para estabelecimentos com menos de 750 trabalhadores, área mínima do vestiário por trabalhador = 1,5 - (n° de trabalhadores / 1000). (Conforme NR 24.4.2)
Chuveiros	27	21,6		Chuveiro = 1 para 10 (Conforme NR 18.5.3) / (0,8 m <sup>2</sup> para cada Chuveiro)
Circulação		75,7		20% da soma das instalações sanitárias
Vestiário/Sanitários		455	455,4	m <sup>2</sup>
Escritório	106	530	538,2	Incluso no escritório (banheiro / copa / escritório) - 5 m <sup>2</sup> por pessoa
Guarita	1	9		Padrão
Depósito de Resíduos		25		Calculado considerando o número de caçambas para quantidade de pessoas ~ 0,15 m <sup>2</sup> por pessoa
Central Forma e armação	1	80		Utilizar tenda de 8x10 m (80 m <sup>2</sup> )
Estacionamento	13	163		Número de MOI dividido por 8 * 12,5 m <sup>2</sup> por carro
Refeitório		296	303,6	35% da área do restaurante (cozinha) + 20% área do restaurante (recebimento) + 45% área salão (aprox. 0,8m <sup>2</sup> por pessoa)
Saúde, Segurança e Meio Ambiente (SSMA)	1	28	27,6	Considerando contêiner 2,3 x 12 m (28 m <sup>2</sup> )
Cobertura	1	50		Considerada tenda 5x10 m (50 m <sup>2</sup> )
Ambulância				
Almoxarifado	1	55	55,2	Considerando 2 contêiner 2,3x12 m (55 m <sup>2</sup> )
Vaga ônibus	6	450		Vaga para estacionamento de ônibus
Vaga Micro-ônibus/Van	6	300		Vaga para estacionamento de Micro-ônibus/Van, não contabilizando circulação de embarque e desembarque
Vaga Caminhão	3	165		Vaga para estacionamento de caminhão
Área de Vivência	1	50		Utilizar tenda de 5 x 10 m (50 m <sup>2</sup> )
Reservatório de água	2	32		Utilizando reservatório tipo taça 2 m de diâmetro, 1 m para cada lado de espaço livre)
Grupo Geradores	2	26		Dimensões dos grupos e 1 m para cada lado para eventuais manutenções, abastecimentos e etc.
Tanque Séptico	2	8		Dimensões apenas para limpeza e inspeção, sendo o tanque séptico enterrado
Sub- Total		2.722		Áreas edificantes ou reservadas para vagas de caminhões e ônibus
Circulação		3.539		130 % do subtotal, sendo aplicada para circulação de equipamentos, acessos e circulação no próprio canteiro
Total		6.260,6		

Para a execução da obra são necessários alguns consumos; desses algumas demandas devem ser enviadas ao órgão ambiental para a sua verificação e liberação. Para o estudo de construtibilidade, verifica-se o consumo de água para o consumo humano e da obra, sendo esses utilizados para: a umectação de vias, umectação do material à ser compactado, na utilização da execução do concreto e a sua cura, dentre outros usos. A sua memória de cálculo é apresentada na Tabela 5 para consumo de água potável e na Tabela 6 para consumo de água bruta.

Tabela 5. Consumo de Água Potável

Descrição	Unid.	Quant.
Parâmetros		
Consumo de água potável por pessoa	Litros/Pessoa	50
Pico de Mão-de-Obra	Efetivo	370
Consumo de água mineral por pessoa	Litros/Pessoa	3
Volume do galão de água mineral	Litros/Pessoa	20
Cálculo de Consumo Diário de Água Potável		
Consumo diário Mão-de-Obra Direta (MOD)	Litros	18.500
Consumo para dois dias	Litros	37.000
Reservatório de água potável	Litros	2 x 20.000
Cálculo de Consumo Diário de Água Mineral		
Consumo diário	Litros	1.110
Galões	GL	56
Consumo de Água Potável		
Consumo Total Diário	Litros	19.610

Tabela 6. Consumo de Água Bruta

Descrição	Unid.	Quant.
Umectação de Vias		
Consumo diário de água para umectação de via	Litros/dia	200.000
Consumo mensal de água para umectação de via	Litros/mês	4.000.000
Número de Caminhões Pipa Necessário	unid.	2
Vazão Necessária do Apanhador de água	m <sup>3</sup> /h	36.36
Número de Meses	Meses	10
Consumo Total	Litros	40.000.000
Água Concreto		
Consumo de água	m <sup>3</sup>	3
Consumo de água	Litros	2.750
Umectação de Aterro		
Consumo de água	Litros	645.120
Consumo de Água Bruta		
Consumo Total da Obra	Litros	40.647.870

A energia é um dos itens primordiais à obra, seja em equipamentos para construção, seja para o: escritório, vestiário, almoxarifado, SSMA e refeitório.

Os combustíveis empregados na obra deverão ser executados por meio do consumo médio de cada equipamento com relação ao quantitativo de equipamentos. Com o emprego de seres humanos no locais de obra, há de ser calculado e transmitido para o órgão ambiental o quantitativo de efluentes que serão tratados ou removidos do canteiro de obras, bem como os resíduos que serão gerados na obra.

Tabela 7. Consumo de Energia kilo Volt Ampere (kVA)

Equipamento/Utilidades	Quant.	Potência	Potência Total	Potência Instalada	Fator de Demanda	Demanda
Iluminação (lâmpada LED tubular)	251	100	25100		100% para os primeiros 20 kVA	
Tomada	251	100	25100	58200	80% para o que exceder 20 kVA	50.560
Poste de iluminação externo	2	4000	8000			
Ar-Condicionado	20	1400	28000	28000	40%	11.200
Chuveiro Elétrico	27	4400	118800	118800	37%	43.956
Policorte (Máquina para cortar aço) com motor trifásico 7,5 CV	1	6900	6900			
Bancada de serra com motor trifásico 7,5 CV	1	6900	6900			
					Demanda Individual Absorvida da Rede - kVA	6500
					Total (VA)	112.216
					Total + 20% de reserva (kVA)	135

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de construtibilidade de pilhas de estéril e/ou rejeito é essencial para garantir a viabilidade econômica e ambiental dos projetos de mineração e disposição de resíduos. A compreensão das atividades que compõem a construção dessas estruturas é fundamental para promover não só a segurança e estabilidade da estrutura ao longo do tempo, bem como garantir a segurança financeira e verificação dos riscos empregados ao projeto. Tal estudo deve ser executado desde o início do projeto. Engenheiros, geólogos, geotécnicos e demais profissionais devem colaborar entre si, considerando: as características do local, logística, dificuldade do emprego e contratação da mão-de-obra, equipamentos, bem como a aquisição e adequação do material para a construção da pilha. Com toda a integração dos responsáveis é possível a redução de custos, minimização dos impactos ambientais e prevenção de potenciais acidentes futuros.

Sendo as pilhas de estéril e/ou rejeito estarem relacionadas com a sustentabilidade e responsabilidade ambiental, é possível executar obras de descaracterização de barragens por meio de reforço da estrutura e contrapilhamento, bem como pode usar áreas já degradadas como cavas por exemplo. Nesse sentido, a construtibilidade deverá estar envolvida em qualquer decisão do projeto.

Por fim é importante reconhecer que a construtibilidade de pilhas de estéril e/ou rejeitos enfrenta desafios e novas pesquisas e investimentos são necessários para aprimorar os métodos de construção, bem como garantir a adaptação da indústria a futuras demandas regulatórias e ambientais.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL (2020). *Norma Regulamentada N° 18*. Brasília: República Federativa do Brasil.

Lacerda, F., Almeida, B., e Lima, B., (2021). *A Atuação do Biólogo no Programa de Afugentamento e Resgate de Fauna em Supressão Vegetal*. Faculdade Laboro.

Walter, B. Cavalcanti, T. (2005). *Fundamentos para a coleta de germoplasma vegetal*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.