

ANEXO D – TREINAMENTO MODELO DE BALANÇO HÍDRICO SMI-MCA

O detalhamento da metodologia apresentada neste anexo é baseado na publicação: Water Accounting Framework for the Minerals Industry – User Guide- Version 1.0 de dezembro de 2011 (SMI-MCA, 2011).

1. Contextualização

Este modelo de contabilidade da água faz parte de um programa iniciado em 2005 pelo Conselho Australiano de Mineração (MCA) e, a partir de 2007, foi realizado em parceria com o Instituto da Universidade de Queensland – Sustainable Minerals Institute (SMI).

A demanda por este tipo de modelo já era bem estabelecida, tendo-se em vista os problemas de contabilização do uso da água que permitissem a comparação de dados e avaliação e divulgação de desempenho com relação ao uso da água.

O que é contabilidade da água?

É a aplicação de um modelo consistente e sistemático que permite identificar, mensurar, registrar e reportar informações sobre o uso da água.

É importante distinguir a contabilidade da água da divulgação de dados sobre o uso da água. A contabilidade da água permite consolidar o balanço hídrico, enquanto que a divulgação de dados sobre o uso da água depende do público alvo e da sua utilização.

A figura a seguir apresenta de forma esquemática a questão das métricas (contabilidade) e modelos de relatórios.

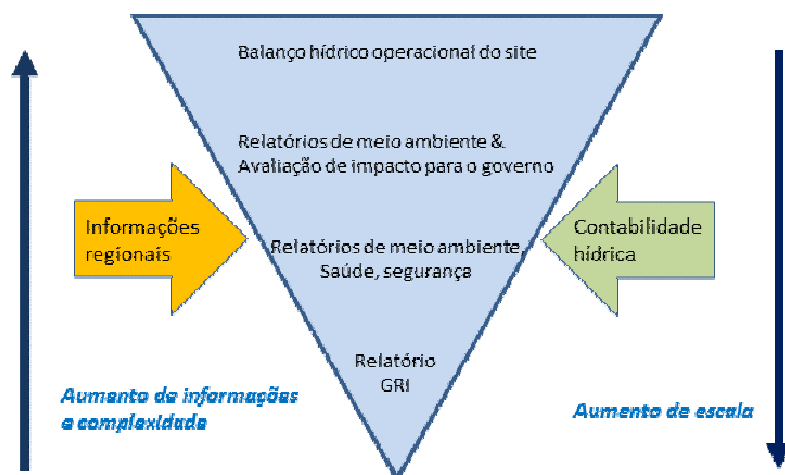


Figura 1. Uso da água – contabilização e divulgação de dados

O objetivo deste modelo de contabilidade da água é prover:

- Uma abordagem consistente e sistemática para quantificação dos fluxos de entrada e saída de água;
- Uma abordagem consistente para divulgação das métricas de uso da água na mineração que permitam comparação com outros usuários;
- Uma abordagem consistente para quantificação da reutilização de água e da sua eficiência neste aspecto;
- Uma alternativa para as empresas que ainda não tem um modelo de balanço de uso da água.

Este modelo prevê a produção de 04 tipos de relatórios/avaliações:

I - Quadro consolidado dos fluxos de água associados aos usos, entradas, saída (descartes e perdas), desvios, variações de estocagens (reservação) no período avaliado;

II - Determinação da eficiência operacional relacionada à reutilização da água;

III - Estimativa da precisão dos dados;

IV - Informação contextualizada dos dados com as condições locais.

2. Definições

2.1. Fronteiras do sistema

As fronteiras devem ser definidas a partir da demanda da empresa. Tipicamente ela engloba a mina e o processamento (se existente).

2.2. Modelo de entradas e saídas (Input-Output Model)

A abordagem do modelo está indicada na figura 2.

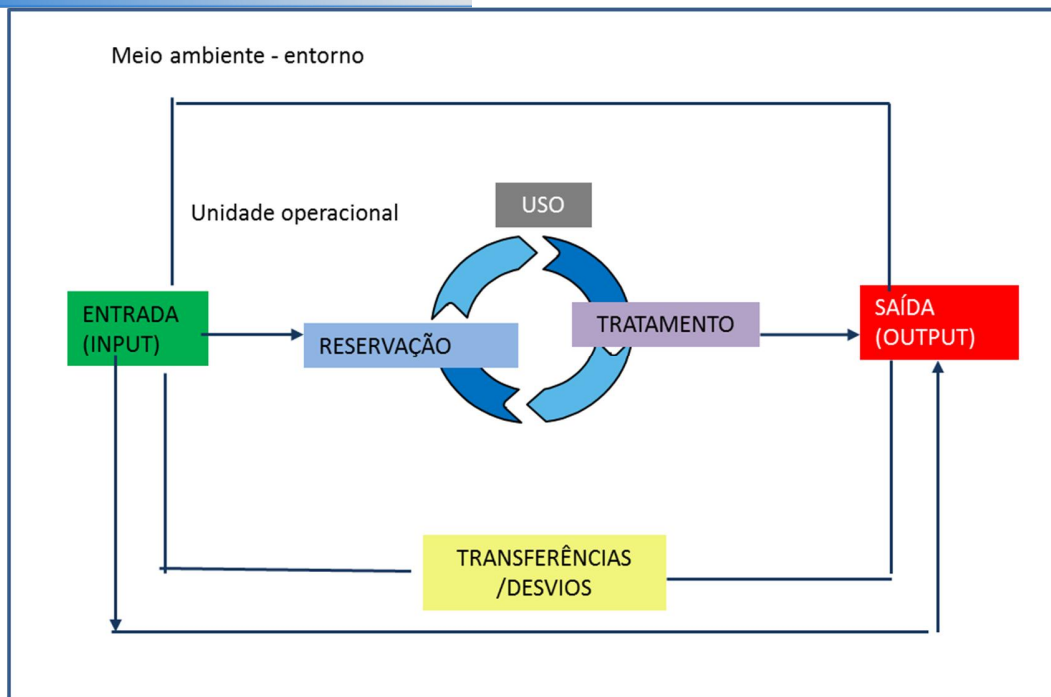


Figura 2. Modelo entradas e saídas

2.3. Definição de entradas

Trata-se da quantidade de água que é recebida na unidade operacional ou é disponibilizada no processo (por exemplo- a água de rebaixamento de lençol).

As entradas devem ser quantificadas e reportadas em relação à fonte correspondente, conforme indicado na tabela 1.

Tabela 1. Entradas

Fonte	Definição	Entrada (input)
Água superficial	Água oriunda de rios, riachos reservatórios, água de chuva e de escoamento superficial (runoff)	Água de chuva Runoff Rios e riachos Reservatórios externos ao site
Água subterrânea	Água que se encontra no solo, abaixo da superfície, geralmente armazenada em	Água de rebaixamento de lençol Deságue de minério

	aquíferos ou formando lençóis freáticos. Também é considerada água subterrânea a água usada para transporte (arraste) do minério.	Poços de captação Água para arraste do minério
Água do mar	Água oriunda de mar, oceano ou estuário	Estuário Mar/oceano
Água de concessionária	Água oriunda de empresa externa. Quando a fonte puder ser identificada, deve-se fazer esta identificação (superficial, subterrânea, mar) quanto a sua origem.	Água fornecida por terceiros (concessionária) Efluente tratado

O detalhamento de cada fonte está feito descrito na tabela a seguir:

Tabela 2. Detalhamento das entradas

Fonte	Entrada	Definição
Água superficial	Precipitação e runoff	Precipitação sobre área e escoamento superficial devido à precipitação
	Rios e riachos	Água captada no site ou fora dele
	Reservatórios externos	Água oriunda de reservatórios localizados fora do site
Água subterrânea	Rebaixamento de lençol ou deságue de minério	Água associada ao processo de extração de minério
	Poços	Água captada de poços
	Arraste de minério	Água contida no minério a ser processado
Água do mar	Mar ou oceano	Água captada do mar ou oceano
	Estuário	Água captada de estuário
Água de concessionária	Água de concessionária	Água fornecida por empresa de saneamento
	Efluente	Efluente fornecido por empresa para uso no site

2.4. Definição das saídas (ouputs)

Trata-se da quantidade de água que é removida na unidade operacional em virtude das atividades de extração, processamento ou transporte, conforme indicado na tabela 3.

Tabela 3. Detalhamento das saídas

Fonte	Saída	Definição
Água superficial	Descarte (lançamento)	Todo lançamento controlado ou não para águas superficiais
	Vazão ambiental	Descartes de água usada para manter requerimentos ambientais
Água subterrânea	Infiltração	Água que infiltra em reservatórios
	Reinjeção em aquíferos	Água que é reinjetada em aquíferos
Água do mar	Descarte no mar ou oceano	Todo lançamento controlado no mar/oceano
	Descarte em estuário	Todo lançamento controlado ou não em estuário

Fornecimento à concessionária	Água fornecida para concessionária ou outro uso de terceiros	Água fornecida para concessionária ou outro uso de terceiros
Outros	Evaporação	Evaporação no site (reservatórios, lagoas de rejeito, controle de poeira, etc)
	Água contida no minério ou rejeitos	Água associada a produtos e rejeitos

2.5. Definição de desvios

Trata-se da quantidade de água que é removida durante o processo de extração e que não é usada em nenhuma outra operação na unidade operacional (site).

Desvios são fluxos de água manejados pela unidade, mas que não são usados por ela nas atividades operacionais. Exemplos desta categoria:

- Desvios de rios;
- Desvios de precipitação e runoff coletados no site (lagoas de sedimentação), mas não usados e não passam pela ETE;
- Interceptação de aquífero (rebaixamento de lençol) com descarte em corpos de água superficial ou reinjeção de aquíferos.

2.6. Fluxos representativos

Devem fazer parte do balanço os fluxos representativos para o balanço hídrico da unidade. O fluxo será considerado representativo se o mesmo interferir nas decisões relativas à gestão da água na unidade. Por exemplo, a contabilização da precipitação em lagoas pequenas podem representar valores pouco representativos no balanço global, em comparação aos demais fluxos.

Em relação à vazão ambiental, é preciso avaliar se embora pequena, ela seja significativa para a condição local.

2.7. Modelo Operacional

Este modelo descreve os fluxos de água internos a unidade operacional, conforme figura 3.

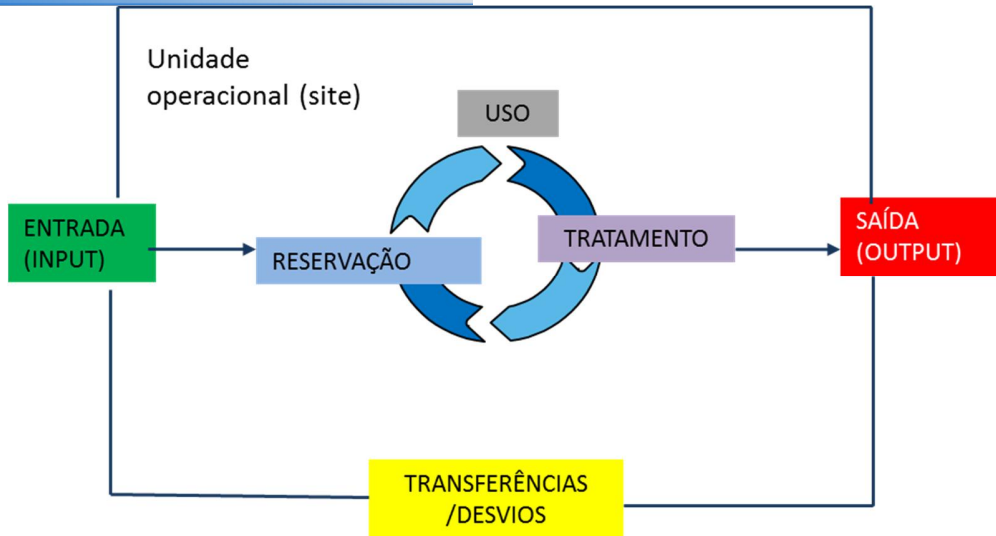


Figura 3. Modelo Operacional

2.8. Tipos de água em relação ao seu uso para fins de balanço e cálculo da eficiência operacional.

A água pode ser considerada: bruta; de processo ou tratada.

Água bruta é a água que entra no sistema (input) e que não foi utilizada em nenhum processo.

Água de processo é a água utilizada em algum processo.

Água tratada é que foi tratada no site para uso posterior no processo ou para descarte posterior.

2.9. Tipos de reservatórios de água

Para fins do balanço hídrico todos os reservatórios são classificados em dois tipos:

- Água bruta e
- Mistos.

O reservatório de água bruta somente recebe água bruta das diversas fontes consideradas.

Já o reservatório classificado como misto, recebe água de processo além da água bruta.

A figura 4 exemplifica esta situação.

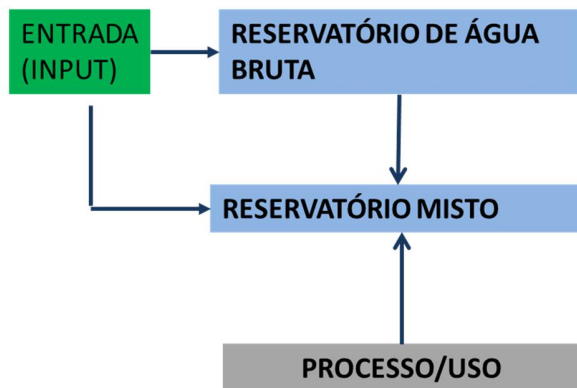


Figura 4. Tipos de reservatório

2.10. Usos no processo

Estes usos estão associados às atividades operacionais que podem estar ou não agrupadas. Por exemplo, trituração e flotação, podem ser agrupadas na atividade: processamento de minério. O agrupamento permite que não seja preciso conhecer individualmente os fluxos das atividades consideradas.

Tipicamente, devem ser consideradas as seguintes atividades:

- Controle de poeira;
- Underground mining;
- Processamento de minério;
- Processamento de carvão CHPP (coal handling and processing plant);
- Estocagem de rejeitos;
- Co-disposição;
- Usos gerais.

Para fins deste método, a estocagem de rejeito é considerada uma atividade, embora ela possa também armazenar água. Um dos estudos de caso apresentados na parte final deste anexo, contempla um exemplo desta situação.

Em termos de balanço hídrico, a figura 4 apresenta o modelo operacional completo.

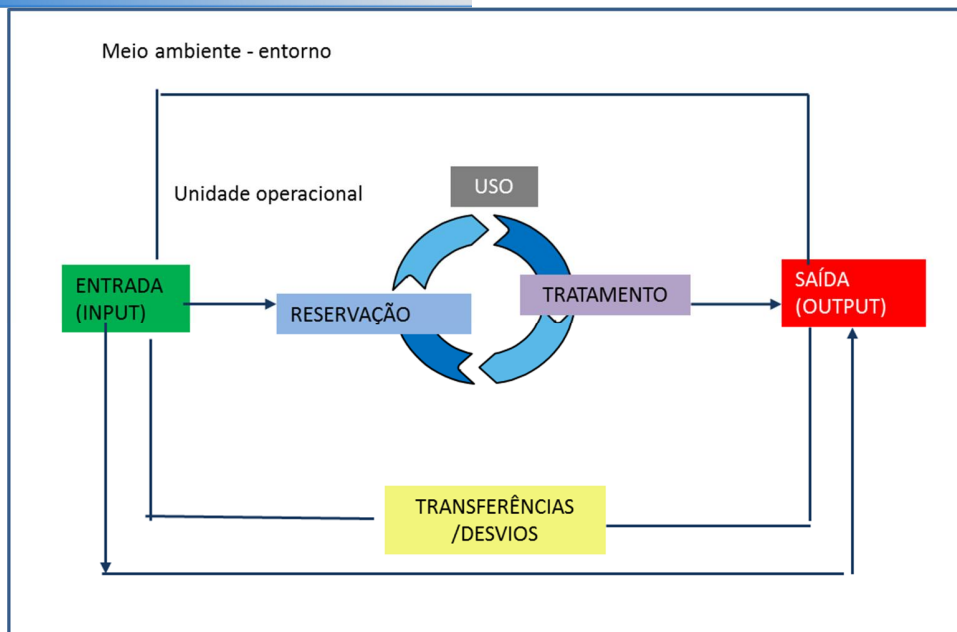


Figura 4. Modelo operacional de contabilização (balço) de água

3. Aplicação/uso do modelo

Este item detalhará o passo a passo de aplicação do modelo. Antes da aplicação do modelo é necessário ter as seguintes informações:

- ✓ Diagramas do fluxos de água;
- ✓ Informações sobre reservatórios [volume no início e no final do período considerado no balanço; áreas superficiais dos reservatórios e de outras áreas de captação, incluindo-se a fração considerada não afetada pelo processo (undisturbed land)];
- ✓ Lista de atividades/processos e valores médios anuais de demanda de água;
- ✓ Lista das fontes de água e volumes;
- ✓ Descargas/lançamentos que deixam a fronteira do sistema;
- ✓ Volumes/fluxos associados a: espessadores; lagoas de rejeito; retorno de águas usadas em processo/atividades; deságue de minério; rebaixamento de lençol;
- ✓ Toneladas de minério e teor de umidade (ROM);
- ✓ Toneladas de produtos e rejeitos e seu teor de umidade;
- ✓ Fluxos de tratamento de efluente e/ou de água;
- ✓ Estimativa dos volumes de infiltração, precipitação e runoff e evaporação.

Embora seja desejável que se tenham fluxos (volumes) medidos, a ausência de medição não deve desencorajar a execução de balanços usando-se valores típicos e/ou estimados. Nesta situação, a precisão será menor, mas, por outro lado, será possível identificar os pontos de melhoria no sistema de monitoramento/medição.

3.1. Representação do balanço

A representação do balanço deve ser feita por intermédio de um fluxograma simplificado que permita visualizar os principais fluxos e atividades.

Para fins de visualização/representação são usadas as seguintes convenções de cores:

Entradas – verde
Saídas – vermelho
Desvios- amarelo
Reservatórios- azul
Processos/atividades/operações – cinza
Estações de tratamento- roxo/lilás

3.2. Construção do modelo

Esta etapa consiste na identificação das entradas, saídas, desvios em termos de volumes e tipos de fontes de captação ou de descarte.

O período escolhido para executar o balanço depende da escolha de cada site. Normalmente é de um ano. No entanto, cada unidade pode selecionar um período mais longo ou mais curto.

3.2.1. Entradas

Etapa 1: A partir do fluxograma dos usos da água e dos tipos de entradas apresentados na tabela 1 selecione os fluxos relevantes para o balanço.

Cada fluxo deve conter dados de volume e fonte.

Água superficial, reservatórios, poços, mar e água de concessionária

Tratam-se de fontes que são normalmente medidas, e, portanto, de fácil obtenção de dados.

Água contida no minério

O volume de água associado ao minério processado no período considerado no balanço pode ser calculado ou estimado, se o teor de umidade não for medido.

$$V_{ent} = 1000 \times P \times m$$

Onde:

V_{ent} é expressa em ML (megalitros que equivalem a 1000 m³)

P é matéria processada no período expressa em Mt (megatoneladas)

m – fator umidade da matéria-prima.

Se o teor de umidade for desconhecido, pode-se assumir que ele oscile entre 0,02 e 0,03.

Precipitação e runoff

Se houverem modelos hidrológicos que possam ser aplicados no site para obter os dados de precipitação ou runoff, eles devem ser usados.

Na sua ausência, podem ser feitos cálculos manuais para obtenção destes valores.

Cálculos manuais

Agrupamento e classificação de reservatórios

Para fins de representação os reservatórios podem ser agrupados em reservatório de água bruta e reservatório de água mista (reservatório misto).

O reservatório de água bruta somente recebe água bruta das diversas fontes consideradas.

Já o reservatório classificado como misto, recebe água de processo além da água bruta.

O exemplo abaixo ilustra como fazer esta representação no modelo no fluxograma.

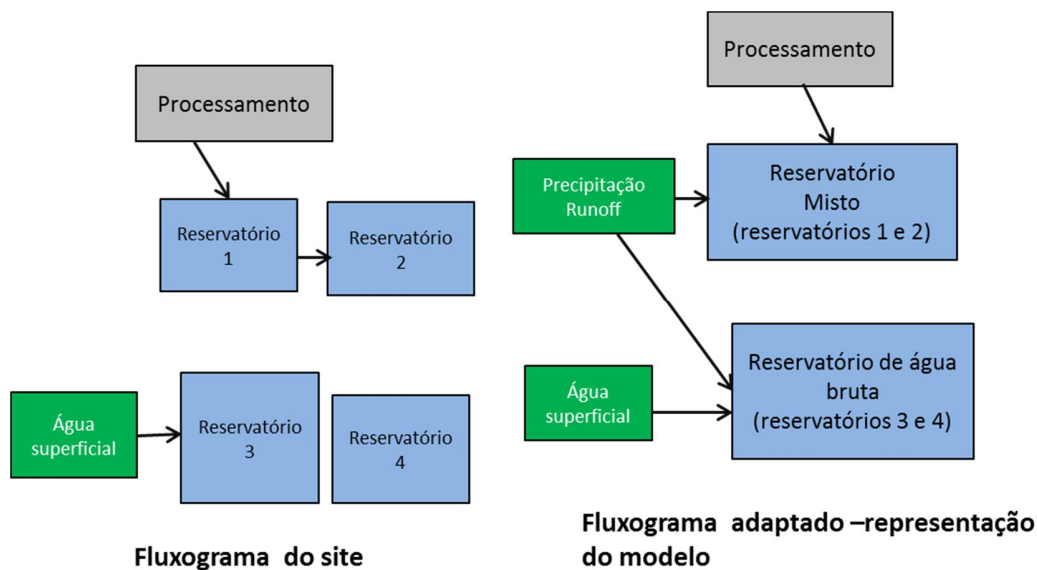


Figura 6. Exemplos de como adaptar o fluxograma do site ao modelo

A figura 6. Indica:

- Que o fluxograma do site não considerava/explicitava as entradas de água devido à precipitação e runoff;
- Que o reservatório 1 deve ser considerado misto porque recebe água de processamento, bem como entradas de água via precipitação e runoff;
- Que o reservatório é misto uma vez que recebe água do reservatório 1 (que é misto);
- Que os reservatórios 3 e 4 somente recebem água de precipitação, runoff e água superficial(reservatório 3), portanto, são considerados reservatórios de água bruta.

Desta forma, após o agrupamento em reservatório de água bruta e reservatório misto, é preciso identificar as áreas de contribuição para runoff, conforme mostrado na tabela a seguir:

Tabela 4. Contribuição para runoff

Reservatório	Tipo	Área superficial	Área de contribuição sem contato com produtos/resíduos (ha)	Área de contribuição sujeita a contato com produtos/resíduos
--------------	------	------------------	---	--

		(ha)		(ha)
1	bruta	AS1	UC1	DC1
2	bruta	AS2	UC2	DC2
Água bruta	Total	AS1+AS2	UC1+UC2	DC1+DC2
3	misto	AS3	UC3	DC3
4	misto	AS4	UC4	DC4
Misto	Total	AS3+AS4	UC1+UC4	DC3+DC4

O volume da precipitação (V_{pt}) pode ser calculado com a seguinte fórmula:

$$V_{pt} = \text{Volume de precipitação(ML)} = 0,01 \times R \times SA \quad \text{onde:}$$

R = precipitação em mm no período avaliado (balanço);

AS= área superficial (em ha) considerada.

Este cálculo deve ser feito em separado para reservatórios de água bruta e mista.

É preciso calcular também as áreas molhadas associadas à armazenagem de rejeitos.

O volume do runoff pode ser calculado da seguinte forma:

$$V_{runoff} = \text{Volume de runoff(ML)} = 0,01 \times R \times A \times \beta \quad \text{onde:}$$

R = precipitação em mm no período avaliado (balanço);

A= área superficial (em ha) sujeita ao runoff direta e indiretamente (escoamento superficial);

β = fator de runoff

$\beta_{direto} = 0,15$ – e correspondem as áreas onde há contato direto com os subprodutos ou matérias primas;

$\beta_{indireto} = 0,05$ – e correspondem as áreas onde não há contato direto com os subprodutos ou matérias primas;

Água contida no minério

Segundo o modelo, esta água não é considerada de processo, uma vez que ela não é oriunda de processo (está associada à matéria-prima). Se esta água é colocada em reservatórios, tratada ou usada no processamento do minério ela deve ser considerada no balanço.

3.2.2. Saídas

Etapa 2: A partir do fluxograma dos usos da água e dos tipos de saídas apresentadas na tabela 2 selecione os fluxos relevantes para o balanço.

Cada fluxo deve conter dados de volume e fonte.

Descartes/lançamentos

Os descartes normalmente têm seus fluxos conhecidos em virtude de demandas regulatórias.

Lançamentos para terceiros (concessionárias)

Estes lançamentos, similarmente aos demais, normalmente têm seus fluxos conhecidos.

Água contida em produtos e resíduos

A água contida nos rejeitos normalmente não pode ser separada por decantação para uso posterior.

A estimativa de volume associado à lagoa de rejeitos pode ser feita por intermédio de um balanço no seu entorno, assumindo-se que toda água passível foi recuperada no processo.

Exemplo desta situação é descrito no primeiro estudo de caso apresentado no final deste anexo.

No caso da mina de carvão, as lagoas de rejeito não são usadas como armazenagem de água. O segundo estudo de caso (mina de cobre) apresenta um situação onde há variação de nível no reservatório (ou seja, nem toda a água conseguiu ser utilizada no processo).

Evaporação

Os volumes evaporados são significativos e devem ser quantificados nas lagoas de rejeito, reservatórios de água bruta e reservatórios mistos.

Pode-se calcular a evaporação usando-se a seguinte fórmula:

$$V_{\text{evap}} = 0,01 \times SE_{\text{vap}} \times Pan_{\text{Evap}} \times f$$

Onde:

SE_{vap} é a área de superfície (ha) ocupada pelo reservatório;

Pan_{Evap} são os valores medidos (em mm) por intermédio de evaporadores de panela durante o período avaliado. Taxas de evaporação de longo prazo podem ser obtidas em dados meteorológicos. Idealmente, usar dados de estações meteorológicas locais, se disponíveis;

f é o fator de conversão das taxas de evaporação para perdas por evaporação em sistemas abertos (reservatórios). Este fator é em torno de 0,75.

Infiltração

A estimativa de volumes de infiltração para os reservatório é complexa.

A forma mais fácil de fazer isso é estimar o volume infiltrado por intermédio do balanço hídrico do reservatório. Tendo-se as entradas e saídas conhecidas, bem como os volumes inicial e final, por diferença pode-se obter o volume infiltrado.

Somente é preciso estimar/quantificar os volumes de infiltração significativos para o balanço anual. Em reservatórios menores ou utilizados somente para transferências não é necessário quantificar a infiltração.

Desvios

Etapa 3: Calcule os desvios

São considerados nesta categoria a água oriunda ou manejada durante o processo de extração e que não é utilizada nas operações na unidade operacional;

- Água de rios, lagos;
- Runoff;

- Água subterrânea (rebaixamento de lençol) que é reinjetada ou transferida para outros corpos de água superficiais externos ao site (unidade operacional).

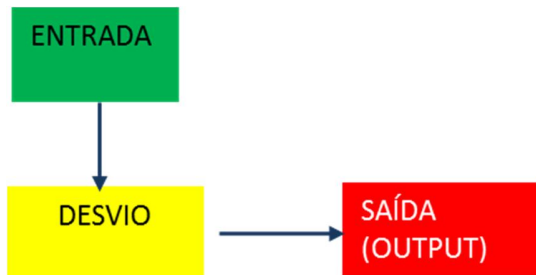


Figura 7. Desvios

Os desvios devem ser contabilizados em separado e considerados nas entradas e saídas do modelo de acordo com a sua fonte (água superficial, subterrânea ou evaporação).

Neste momento já se tem informações suficientes para o preenchimento da planilha de volumes do modelo.

As notas são elementos importantes do modelo, e devem destacar, por exemplo, como foram feitos os cálculos e estimativas.

Tabela 5. Planilha de entradas, saídas e desvios

Entradas e saídas	Elemento (fonte e destino)	Sub-elemento (entradas/saídas)	Sub-Elemento Total (ML)	Precisão (alta, média e baixa)		Notas (1,2..)
				Medido	Estimado	
Entradas	Água superficial	Precipitação e Runoff				
		Rios e lagos				
		Reservatórios externos				
	Água subterrânea	Rebaixamento de lençol				
		Poços				
		Água no minério				
	Água do mar	Estuário				
		Oceano/mar				
	Fornecida de concessionária	Contrato fornecedora (água)				
		Contrato fornecedora (água de reuso)				
TOTAL ENTRADAS						
Saídas	Água superficial	Lançamentos/descarte				
		Vazão ambiental				
	Água subterrânea	Infiltração				
		Reinjeção				
	Água do mar	Lançamento em estuário				
Lançamento mar/oceano						

	Fornecida para concessionária				
	Outros	Evaporação			
		Água em produto ou rejeito			
		Outros (definir)			
	TOTAL SAIDAS				
Desvios*					
Entradas	Água superficial	Precipitação e Runoff			
		Rios e lagos			
	Água subterrânea	Rebaixamento de lençol			
	TOTAL DESVIOS (ENTRADAS)				
Saídas	Água superficial	Descarte			
	Água subterrânea	Reinjeção			
		Fornecida para concessionária			
	Outros	Outro (definir)			
	TOTAL DESVIOS (SAÍDAS)				
* Somente os tipos mais comuns de desvios estão listados. Se necessário adicionar os demais					
Notas:					

3.3. Avaliação da exatidão/qualidade dos dados

O objetivo é avaliar a fração de dados medidos ou estimados em relação ao grau de confiabilidade e/ou qualidade do dado, alto, médio ou baixo.

Trata-se de uma inferência que permite a identificação de oportunidades de melhoria em relação à qualidade dos dados utilizados no balanço.

Para tanto são consideradas as seguintes categorias de dados:

Dados medidos - são aqueles oriundos de medição. O volume de água contido na matéria prima, por exemplo, é considerado um dado medido, se o for calculado a partir de um teor de umidade medido.

Dados estimados — são oriundos de modelos hidrológicos calibrados com dados do site e/ou dados obtidos por meio da consolidação do balanço, ou oriundos de valores, ou para os quais não se tem plena certeza. Por exemplo, dados de runoff no modelo simplificado podem ser considerados dados estimados de baixa precisão, uma vez que não usam dados locais.

Etapa 4: Avalie e classifique os volumes utilizados no balanço.

O computo destes valores deve ser feito conforme indicado na tabela a seguir.

Tabela 5. Qualidade dos dados

	Precisão/qualidade dos dados			Total
	Alta	Média	Baixa	
Fluxos (ML/ano)				
Porcentagem				

Os volumes totais devem ser somados e convertidos em porcentagem dos volumes que apresentam alta, baixa e média confiabilidade para fins de orientar a gestão e identificar onde é preciso melhorar.

3.4. Resumo do balanço

O objetivo é avaliar a fração de dados medidos ou estimados em relação ao grau de confiabilidade e/ou qualidade do dado, alto, médio ou baixo.

Balanço hídrico	ML
Total entradas	
Total saídas	
Entradas - saídas	
Volume reservado no início	
Volume reservado no final	
Variação da estocagem	

Etapa 5: Registre o nível da água no início e no fim do período.

A diferença entre as entradas e saídas deve ser igual à variação na estocagem.

3.5. Elaboração do modelo operacional

Nesta subseção, será elaborado o modelo que permitirá avaliar a eficiência operacional do uso da água no site.

Devem ser relacionados os processos e atividades e os respectivos volumes e interações entre estas atividades.

Nesta fase, provavelmente já tenha sido feito o agrupamento dos reservatórios (água bruta e misto). No entanto, caso isto não tenha sido feito ainda, é necessário fazer isso agora.

Etapa 6: A partir do fluxograma de processo, liste as atividades e processos, as estações de tratamento e os reservatórios, conforme tipo de uso.



PDF Complete
Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Somente precisam ser computadas **as estações de tratamento** localizadas no site. Se a unidade recebe efluente tratado externamente, isto deve ser computado como água de concessionária.

Os **reservatórios**, para fins do modelo operacional, não precisam ser destacados individualmente - modelo conceitual prevê esta simplificação para facilitar os cálculos das etapas 8 a 10. Ou seja, eles devem ser agregados e classificados conforme as duas categorias já mencionadas: água bruta e misto.

As **operações/processos** que usam água devem ser consideradas, no entanto, para fins de simplificação de uso do modelo, elas podem ser agrupadas. Deste modo, quando isso é feito, não é preciso identificar os fluxos entre as operações.

Etapa 7: Identifique e quantifique os fluxos entre as operações, reservatórios e outros elementos (estação de tratamento) relacionados as entradas e saídas.

O fluxograma deve ser adaptado e compatibilizado as condições de agregação de tarefas/processos/atividades, bem com aos reservatórios de água bruta e misto.

Além disso, é preciso identificar as contribuições (entradas) relacionadas a precipitação e ao runoff. Do mesmo modo, é preciso listar as perdas, infiltração, dentre outros elementos.

Conforme já comentado, as lagoas de rejeito ou espessadores, não devem funcionar como acumuladores de água, quando isto acontece, as saídas são diferentes das entradas.

Lagoas de rejeitos têm como saídas típicas: sobrenadante (água), evaporação e a água que fica aderida a fração sólida (e não pode ser removida).

3.6. Quantificação da eficiência operacional

A eficiência operacional indica a relação entre a quantidade de água reutilizada e a quantidade total de água usada nas atividades/operações/processos, conforme etapas 8 e 9 a seguir.

Etapa 8: Some todos fluxos de entrada para as atividades/processos/operações previamente identificadas.

A figura 8 indica que há três operações/processos que precisam ser considerados para calcular os fluxos de água que “entram”.

O total de entradas de água para as atividades será a soma de:

$$100+180+5.696+4.296+160 = 10.532 \text{ ML/ano}$$

Etapa 9: Baseado na representação/fluxograma anterior, identifique os fluxos de água que já passaram pelos processos e que estão conectados com os reservatório de água bruta e misto. Eles estão indicados na figura 8 em marrom.

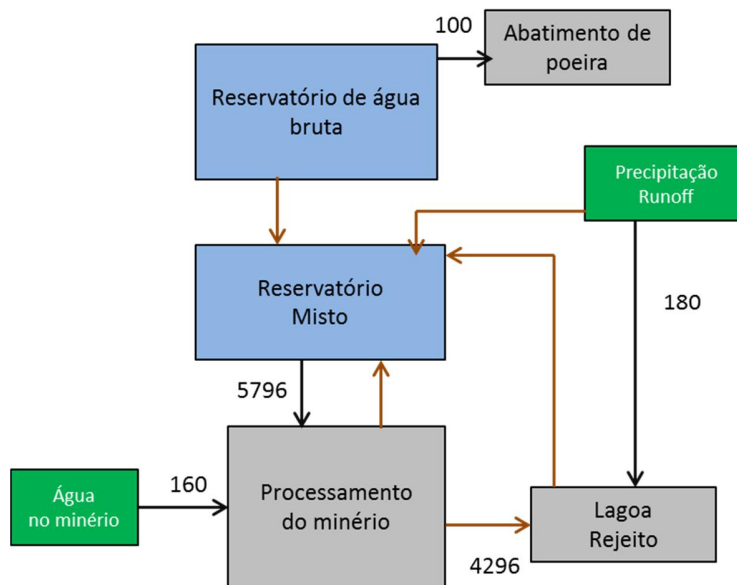


Figura 8. Fluxos de água para processo/operações/atividades

Nesta etapa é preciso quantificar a proporção de água considerada bruta e água considerada mista.

3.6.1. Eficiência de reutilização ou eficiência operacional

Trata-se da relação entre o volume de água reutilizada (com ou sem tratamento prévio) e volume total usado para as tarefas/operações/processos elencados.

$$\text{Eficiência de reutilização} = \frac{\text{Volume de água reutilizada}}{\text{Volume de água total utilizada}}$$

O cálculo do fluxo de água para o processo não pode ser feito somente somando-se os fluxos medidos da água de processo, pois este fluxo poderá ser superestimado uma vez que parte desta água é água bruta que já foi usada.

Em virtude desta condição, é preciso calcular a fração de água de processo existente no reservatório de água mista. Embora esta proporção possa se alterar ao longo de ano, uma aproximação do valor é suficiente para fins desta metodologia.

Para fins de exemplificar o cálculo desta proporção usando os dados na figura 9.

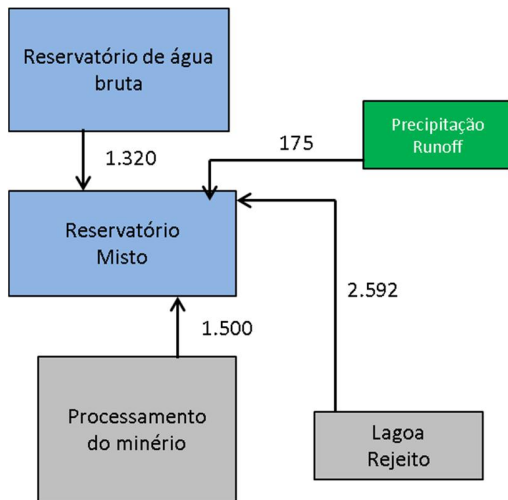


Figura 9. Fluxos de água para processo/operações/atividades e reservatórios (ML/ano)

Como as lagoas de rejeito são consideradas de processo, os fluxos de água para o reservatório misto serão considerados de processo.

Os fluxos que saem de atividades/operações são considerados de processo. Deste modo, temos a seguinte contabilização de água de processo que entra no reservatório misto: $1.500 + 2.592 = 4.092$ ML/ano.

O fluxo de água bruta que entra neste reservatório é de $1.320 + 175$, totalizando 1.495 ML/ano. Portanto, a porcentagem de água de processo no reservatório misto será de 73% [$4.092 / (1.495 + 4.092)$].

O fluxo de água para processo, usando-se os dados da figura 8, será:

$$4.296 + 5.796 * 0,73 = 4.296 + 4.321 = 8.527 \text{ ML/ano.}$$

Assim sendo, a eficiência operacional será: $8.527 / 10.532 = 81\%$.

O quadro a seguir resume os dados e a eficiência operacional:

Tabela 6. Eficiência operacional

Eficiência Operacional	
Volume total usado no processo	10.532
Volume total reutilizado	8.527
Eficiência Operacional	81%

4. Contextualização da aplicação do modelo operacional

Para reportar os dados é importante descrever informações básicas e relevantes que contextualizem tanto a aplicação do modelo quanto informações sobre a unidade/site onde ele foi aplicado.

Devem ser incluídas:

- ✓ Dados sobre as condições locais onde são feitas as captações e lançamentos;
- ✓ Condições climáticas durante o período considerado;
- ✓ Informações sobre a política e programas de gestão do uso da água;
- ✓ Mudanças administrativas que impactem o balanço;
- ✓ Minérios processados e produtos.

A seguir está exemplificado como fazer esta contextualização.

O **Anexo C** deste documento descreve resumidamente quais informações devem fazer parte desta contextualização de aplicação do modelo operacional.

1.1. Descrição das fronteiras do sistema

Para fins deste exemplo estamos considerando que o modelo operacional foi aplicado na empresa/unidade operacional IMC.

Foram considerados para a IMC:

- ✓ Córregos XY;
- ✓ Rio B;
- ✓ Fornecimento de água de concessionária;
- ✓ Uso de água subterrânea.

1.2. Recursos hídricos

A unidade operacional IMC utiliza diferentes fontes de suprimento de água, dentre eles, runoff, água subterrânea e água superficial. No entanto, a maior fonte de abastecimento é água fornecida pela concessionária de água do município.

Em termos percentuais, o suprimento via concessionária representa 40,8% do total. A contribuição de água superficial e subterrânea corresponde respectivamente a 27,3% e 19,7% do total utilizado. Água de chuva e de runoff corresponde a 12,2% do total.

A utilização de água superficial está vinculada a licenças de uso emitidas pelos órgãos gestores.

1.3. Infraestrutura

Existem dois reservatórios de água que permitem armazenar a água que será usada no processo. De forma complementar, reservatórios menores são utilizados nas proximidades das unidades de processo.

Os dois reservatórios principais são a Barragem Grande e Barragem Riacho XY, com capacidade de armazenar 4.200ML e 3.700ML, respectivamente.

Ambos são internos a unidade operacional e operados pela IMC.

Para reduzir a geração de efluentes, a armazenagem de matérias-primas e o transporte de minério são feitas em espaços cobertos.

1.4. Gestão do uso da água

A retirada de água e o lançamento de efluentes seguem as regras definidas na licença de uso e no licenciamento ambiental, bem como os procedimentos operacionais internos.

1.4.1. Licenças de uso da água, emissão de efluentes e outros descartes

IMC tem as seguintes licenças:

Licença XY – Estabelece a vazão média e máxima de retirada;

Licença Z – Estabelece limites e condições de descarte de água e efluentes.

Os valores máximo de captação são rrrr m³/dia e para o lançamento a vazão máxima é ggg m³/dia. (inserir restrições atreladas as outorgas e licenças)

1.4.2. Medição dos fluxos de água e descartes

A medição de água bruta é feita nos seguintes pontos: cc, dd, ee, fff.

A medição de água de processo é feita nos pontos: mm e cc.

Os desvios são quantificados/estimados por intermédio do controle do tempo de funcionamento das bombas.

(citar os demais fluxos medidos)

1.5. Condições climáticas

A temperatura média no período é de xxx °C. A precipitação pluviométrica no período foi 710 mm. A média histórica de longo prazo (1907-2007) é de 817mm.

1.6. Entradas e saídas

O maior fluxo de entrada é proveniente de água fornecida por concessionária. Também é utilizada água superficial e água subterrânea. A água de chuva e runoff também são coletadas e usadas.

Tabela 7. Quadro comparativo de entradas e saídas

Entradas		
Fonte	Fluxo –Volume (ML)	Percentual(%)
Concessionária	3.800	40,8
Água superficial	2.535	27,3
Runoff	1.132	12,2

Água subterrânea	1.832	19,7
Saídas		
Evaporação	4.202	46,6
Água retida em resíduos	3.895	43,2
Outros (infiltração, descartes, etc.)	919	10,2

5. Exemplos - Estudos de caso

São apresentados nos próximos itens dois estudos de caso, um de uma mina de carvão e outro de mina de ouro e cobre (“copper-gold mine”).

5.1. Estudo de caso – mina de carvão

Tratam-se de condições fictícias com fins didáticos. Em condições reais, considerar situações locais e/ou padrões compatíveis com a situação do site.

O diagrama de bloco elaborado pela equipe operacional de mina está indicado na figura 10. É importante destacar que para a utilização do modelo operacional é preciso identificar e mostrar elementos do balanço que não foram mostrados, como precipitação e runoff, teor de água no minério, produtos e rejeitos, evaporação, infiltração e outras perdas.

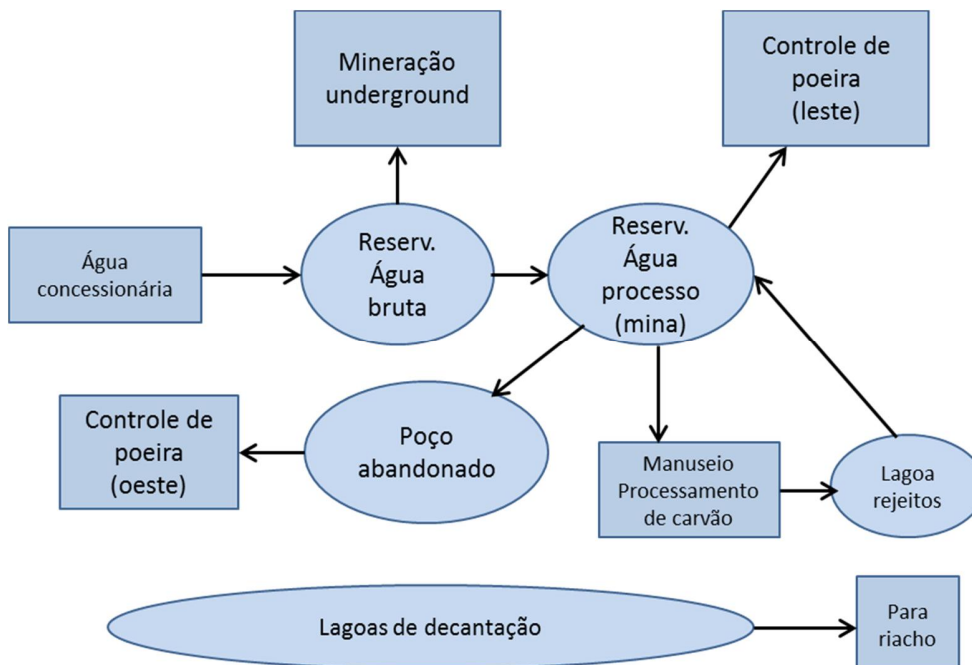


Figura 10. Fluxograma da mina

5.1.1. Aplicação do modelo operacional

Entradas

Etapa1: Considere os fluxos relevantes para o site e suas fontes.

O fluxograma apresentado somente indica como entrada a água de concessionária, mas, outras entradas precisam ser incluídas:

- Precipitação e runoff nos reservatórios e lagoas;
- Água contida no minério.

Água da concessionária

O fluxo é controlado e corresponde a 468 ML/ano. Esta entrada é direcionada ao reservatório de água bruta.

Água contida no minério

O fluxo é controlado e corresponde a 442 ML/ano. Esta entrada é direcionada ao reservatório de água bruta.

$$V_{ent} = 1000 \times P \times m$$

V_{ent} é expressa em ML (megalitros que equivalem a 1000 m^3)

P é quantidade de minério processada no período expressa em Mt (megatoneladas)

m – fator umidade da matéria-prima.

O teor de umidade (m) para a mina é de 4% e a quantidade de minério processada é 11,4 Mt/ano. Portanto, o fluxo de água é igual a 442 ML/ano.

Precipitação e runoff

Neste exemplo, foi assumido que o site não tem modelagem hidrológica (e/ou modelos que possam ser usados) e, por isso, este cálculo será feito manualmente.

Agregação de reservatórios

Conforme descrito na metodologia, é preciso identificar e agregar os reservatórios para quantificar as áreas de contribuição.

No diagrama (fluxograma) o reservatório de água bruta somente recebe contribuição de água da concessionária.

O reservatório de água de processo recebe água da lagoa de rejeito – que é água de processo. Portanto, será considerado reservatório misto.

Como o poço abandonado é usado na armazenagem de água e recebe água de processo, ele será agregado ao reservatório de água mista.

Os demais reservatórios são as lagoas de sedimentação recebem água de runoff (com sólidos) coletadas nas áreas de contribuição. Como esta água não é utilizada no processo e o descarte do sobrenadante é feito no riacho, este tipo de lagoa/descarte será considerado desvio. Nesta condição, ainda assim será necessário calcular a contribuição da precipitação e runoff nestas lagoas.

Tabela 8. Agrupamento dos reservatórios

Reservatório (nome)	Água bruta ou mista?	Área superficial	Área de contribuição sem contato com produtos/resíduos (ha)	Área de contribuição com contato com produtos/resíduos (ha)
Reservatório de água bruta	bruta	23	300	0
Reservação (bruta)	Total	23	300	0
Reservatório de água de processo	mista	4	24	100
Poço desativado	mista	2	10	90
Reservação (mista)	Total	6	34	190
Lagoas de decantação	NA	Não sabe	Não sabe	141
Lagoas de rejeito	NA	30	Não sabe	Não sabe

Calculo do volume de precipitação associado aos reservatórios e lagoas.

$$V_{pt} = \text{Volume de precipitação(ML)} = 0,01 \times R \times AS \quad \text{onde:}$$

R = precipitação em mm no período avaliado (balanço) obtida da agência de meteorologia foi de 600 mm no período

AS= área superficial (em ha) – incluem áreas molhadas, áreas de reservatórios, área de armazenagem de rejeitos – indicadas na tabela 8..

Deste modo, o fluxo de entrada por intermédio da precipitação é de 138 ML/ano no reservatório de água bruta e de 36 ML/ano para o reservatório misto. O volume associado às lagoas de rejeitos é de 180 ML/ano.

Calculo do volume de runoff associado aos reservatórios e lagoas.

$$V_{runoff} = \text{Volume de runoff(ML)} = 0,01 \times R \times A \times \beta \quad \text{onde:}$$

R = precipitação em mm no período avaliado (balanço) obtida da agencia de meteorologia foi de 600 mm no período;

A= área superficial (em ha) sujeita ao runoff direta e indiretamente (escorrimento superficial) está indicada na tabela 8;

β = fator de runoff

β_{direto} = 0,15 – e correspondem as áreas onde há contato direto com os subprodutos ou matérias primas;

$\beta_{indireto}$ = 0,05 – e correspondem as áreas onde não há contato direto com os subprodutos ou matérias primas;

Neste caso, o fluxo de runoff associado às áreas sem contato com matérias-primas produtos, rejeitos é 90 ML/ano ($0,05 \times 0,01 \times 600 \times 300$) para o reservatório de água bruta e de 31ML/ano para o reservatório misto.

A contribuição de runoff para áreas com contato com matérias-primas, rejeitos, produtos é de 171 ML/ano para reservatório misto, e de 127 ML/ano para as lagoas de decantação.

O runoff associado as lagoas de sedimentação devem ser registrados em separado na categoria de desvios.

Para os valores desconhecidos, recomenda-se usar os dados disponíveis, pois é muito difícil que o site disponha de todas as informações. Em relação a este aspecto, é importante que ele seja discutido e apresentado no relatório (avaliação da qualidade dos dados usados no balanço).

Saídas

Etapa2: Considerando os fluxos relevantes para o site, determine as saídas de água das fronteiras do sistema e sua origem.

As saídas do sistema serão: descarte para o riacho, perdas de processo, evaporação, infiltração e água retida nos produtos e rejeitos.

O descarte das lagoas de sedimentação é uma saída que deve ser computada na categoria desvios.

Água contida nos rejeitos e produtos

A água contida no produto foi fornecida pela equipe de operações, e corresponde a 744 ML/ano. A água contida nos rejeitos (T) será calculada durante o balanço.

Perdas de processo

As perdas de processo (L) serão calculadas por intermédio do balanço entradas e saídas nas atividades/operações.

Evaporação

Será calculada a partir da formula seguinte:

$$V_{\text{evap}} = 0,01 \times SE_{\text{vap}} \times Pan_{\text{Evap}} \times f$$

Onde:

SE_{vap} é a área de superfície (ha) ocupada pelo reservatório – dados obtidos da tabela 8;

Pan_{Evap} são os valores medidos (em mm) durante o período avaliado . A evaporação fornecida pela agência meteorológica foi 2.000 mm no ano.

f é o fator de conversão das taxas de evaporação para perdas por evaporação em sistemas abertos (reservatórios). O fator adotado foi 0,75.

Assim sendo, a evaporação do reservatório de água bruta é 345 ML/ano, no reservatório misto 90 ML/ano e nas lagoas de rejeito será de 450 ML/ano.

Haverá evaporação também nas atividades de abatimento de poeira (E). Ela será estimada depois.

Infiltração

Como este fluxo não é conhecido ou pode ser calculado por aplicação de algum modelo local, este valor será estimado quando o balanço for consolidado (Etapa 8).

Desvios

Etapa 3: É preciso quantificar e registrar os desvios. Neste caso, o desvio de 127 ML/ano será o descarte da lagoa de sedimentação.

Descarte para o riacho

Este descarte, por ser considerado um desvio, não entra no balanço da unidade. Foi adotado que a lagoa de sedimentação não é utilizada para armazenagem, ou seja, o fluxo que entra – 127 ML/ano é igual ao que sai.

A figura 11 apresenta o fluxograma detalhado dos fluxos. Mas, antes disso, é recomendável que se preencha a tabela do modelo operacional com os dados já identificados até o momento, conforme mostrado a seguir:

Tabela 9. Dados intermediários do balanço

Entradas e saídas	Elemento (fonte e destino)	Sub-elemento (entradas/saídas)	Sub-Elemento Total (ML)
Entradas	Água superficial	Precipitação e Runoff	646 (475+171)
		Rios e lagos	
		Reservatórios externos	
	Água subterrânea	Rebaixamento de lençol	
		Poços	
	Água do mar	Água no minério	442
		Estuário	
	Fornecida de concessionária	Oceano/mar	
		Contrato fornecedora (água)	468
		Contrato fornecedora (água de reuso)	
TOTAL ENTRADAS			1.556
Saídas	Água superficial	Descarte	
		Vazão ambiental	
	Água subterrânea	Infiltração	?
		Reinjeção	
	Água do mar	Lançamento em estuário	
		Lançamento mar/oceano	
	Fornecida para concessionária		
	Outros	Evaporação	885+E
		Água em produto ou rejeito	744+T
		Outros (definir)	
TOTAL SAIDAS			1.629
Desvios*			
Entradas	Água superficial	Precipitação e Runoff	127
		Rios e lagos	
	Água subterrânea	Rebaixamento de lençol	
TOTAL DESVIOS (ENTRADAS)			127
Saídas	Água superficial	Descarte	127

Água subterrânea	Reinjeção	
Fornecida para concessionária		
Outros	Outro (definir)	
TOTAL DESVIOS (SAÍDAS)		127

Etapa 4: Identifique os fluxos medidos e os fluxos estimados, bem como avalie a qualidade destes dados.

Os dados de precipitação e runoff utilizados (cálculo manual com fatores genéricos e não específicos para o site) são considerados de baixa precisão.

O fluxo de água associado a matéria-prima fornecido pelo processo a partir da medição do teor de umidade é um dado considerado de qualidade alta.

O fluxo de água da concessionária é medido e considerado de boa qualidade.

Para os demais, será preciso consolidar o balanço.

Etapa 5: Registre o volume de água nos reservatórios no início e término do período.

No início do período, o volume dos reservatórios (água bruta e água mista) era 4.653 ML. No final era de 2.701 ML/ano. A variação foi de 1.952 ML.

5.1.2. Modelo Operacional da mina

Etapa 6: Com auxílio do fluxograma, identifique as atividades/processos, estações de tratamento e reservatórios de acordo com o seu uso.

Neste exemplo, não há estações de tratamento e os reservatórios já foram identificados e agregados.

O uso da água foi agrupado nas seguintes atividades/operações:

- Preparação e processamento de carvão;
- Underground (abatimento de poeira e refrigeração de equipamentos);
- Lagoa de rejeitos;
- Abatimento de poeira em estradas.

Etapa 7: Quantificação dos demais fluxos.

A água usada nas atividades/operações da mina são medidas e monitoradas. Para atividades de Underground o fluxo é 70 ML/ano e para manuseio e processamento de carvão o fluxo é 3.240 ML/ano. O fluxo para abatimento de poeira é 648 ML/ano.

Os outros fluxos medidos são:

- Do processamento de carvão para a lagoa de rejeitos – 2.609 ML/ano;
- Da lagoa de rejeitos para a água de processo – 1.860 ML/ano

Do reservatório de água bruta para o reservatório misto – o fluxo é controlado da função da demanda. Segundo dados da engenharia, o fluxo estimado é 300 ML/ano.



Em termos conceituais, nenhuma atividade ou operação armazena água. Deste modo, a entrada deve ser igual à saída.

A única exceção é a lagoa de rejeitos. Como a saída da lagoa não é encaminhada para outra atividade, é preciso contabilizar as perdas via evaporação, infiltração, fornecimento a concessionária ou arraste com os rejeitos.

O balanço de entradas no processamento de carvão indica que fluxo proveniente do reservatório misto é igual a 3.240 ML/ano, e o fluxo associado ao minério é 442 ML/ano.

A saída para o processamento de carvão é conhecida – 2.609 ML/ano. A água contida no produto foi obtida na etapa 2. O balanço indica que a diferença entre entradas e saídas é de 329 ML/ano. Esta diferença foi considerada como outras perdas.

Foi assumido que toda usada no processo underground – 70 ML/ano - foi perdida, portanto, incluída na categoria de outras perdas.

O fluxo de entrada para a lagoa de rejeitos provem da precipitação (calculado na etapa 1) é 180 ML/ano, bem como o fluxo proveniente do processamento de minério: 2.609 ML/ano.

As saídas são: a água recuperada que retorna para o reservatório misto – 1860 ML/ano, a evaporação de 450 ML/ano e a água contida nos rejeitos (T). Este fluxo (T) é estimado a partir do balanço:

$T = 180 + 2.609 - 1860 - 450 = 479$ ML/ano (neste caso foi assumido que não há armazenagem de água na lagoa de rejeitos).

Este valor pode ser adicionado à água contida no produto (744 ML/ano), de forma que as saídas associadas a produto e rejeitos totalizem 1.223 ML/ano.

A água usada para abatimento de poeira provem do reservatório misto (648 ML/ano) e é totalmente evaporada (E).

Este valor deve ser adicionado ao montante evaporado [885 ML/ano = (450+90+345)], totalizando 1.533 ML/ano. Trata-se de uma estimativa de média precisão.

Neste momento, já é possível calcular o valor da infiltração fazendo o balanço de entradas e saídas.

O total de entradas é 1.556 ML/ano. O total das saídas até o momento é 3.155 ML/ano (= 1223+1533+70+329).

A diferença entre entradas e saídas é $1.556 - 3.155 = -1.599$ ML/ano.

A variação de estocagem de água nos reservatórios foi de 1.952 ML. Assim, a infiltração será a diferença entre $1.952 - (-1.599) = 3.551$ ML/ano.

Este fluxo pode ser considerado uma estimativa de baixa a média qualidade.

Com isso, o balanço está completo, conforme tabela a seguir.

Tabela 10. Modelo operacional para a mina de carvão

Entradas e saídas	Elemento (fonte e destino)	Sub-elemento (entradas/saídas)	Sub-Elemento Total (ML)	Precisão (alta, média e baixa)		Notas (1,2..)
				Medido	Estimado	
Entradas	Água superficial	Precipitação e Runoff	646		baixa	1
		Rios e lagos				
		Reservatórios externos				
	Água subterrânea	Rebaixamento de lençol				
		Poços				
		Água no minério	442	alta		2
	Água do mar	Estuário				
		Oceano/mar				
	Fornecida de concessionária	Contrato fornecedora (água)	468	alta		3
		Contrato fornecedora (água de reuso)				
TOTAL ENTRADAS			1.556			
Saídas	Água superficial	Lançamentos/descarte				
		Vazão ambiental				
	Água subterrânea	Infiltração	353		média	4
		Reinjeção				
	Água do mar	Lançamento em estuário				
		Lançamento mar/oceano				
	Fornecida para concessionária					
	Outros	Evaporação	1.533		baixa	5
		Água em produto ou rejeito	1.223		média	6
		Outros (definir)	399		média	7
TOTAL SAIDAS			3.508			
Desvios*						
Entradas	Água superficial	Precipitação e Runoff	127		baixa	8
		Rios e lagos				
	Água subterrânea	Rebaixamento de lençol				
TOTAL DESVIOS (ENTRADAS)			127			
Saídas	Água superficial	Descarte	127		baixa	
	Água subterrânea	Reinjeção				
	Fornecida para concessionária					
	Outros	Outro (definir)				
TOTAL DESVIOS (SAÍDAS)			127			
* Somente os tipos mais comuns de desvios estão listados. Se necessário adicionar os demais						
NOTAS						
1. Precipitação de 600 mm. Coeficientes de runoff 0,05 e 0,15 para áreas sem e com contato com produtos e rejeitos;						
2. Teor de umidade do minério de 4% e o fluxo processado de 11,4 Mt por ano;						
3. Fluxo medido;						
4. Calculado para fechar o balanço;						
5. Evaporação de 2.000 mm e fator 0,75;						
6. Fluxo de água associado ao produto fornecido pela operação. Fluxo de água associado ao rejeito calculado pelo balanço;						
7. Perdas calculadas para fechar o balanço;						
8. Fluxo de runoff com contato em rejeitos encaminhado para lagoas de decantação antes do descarte para o rio.						



Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

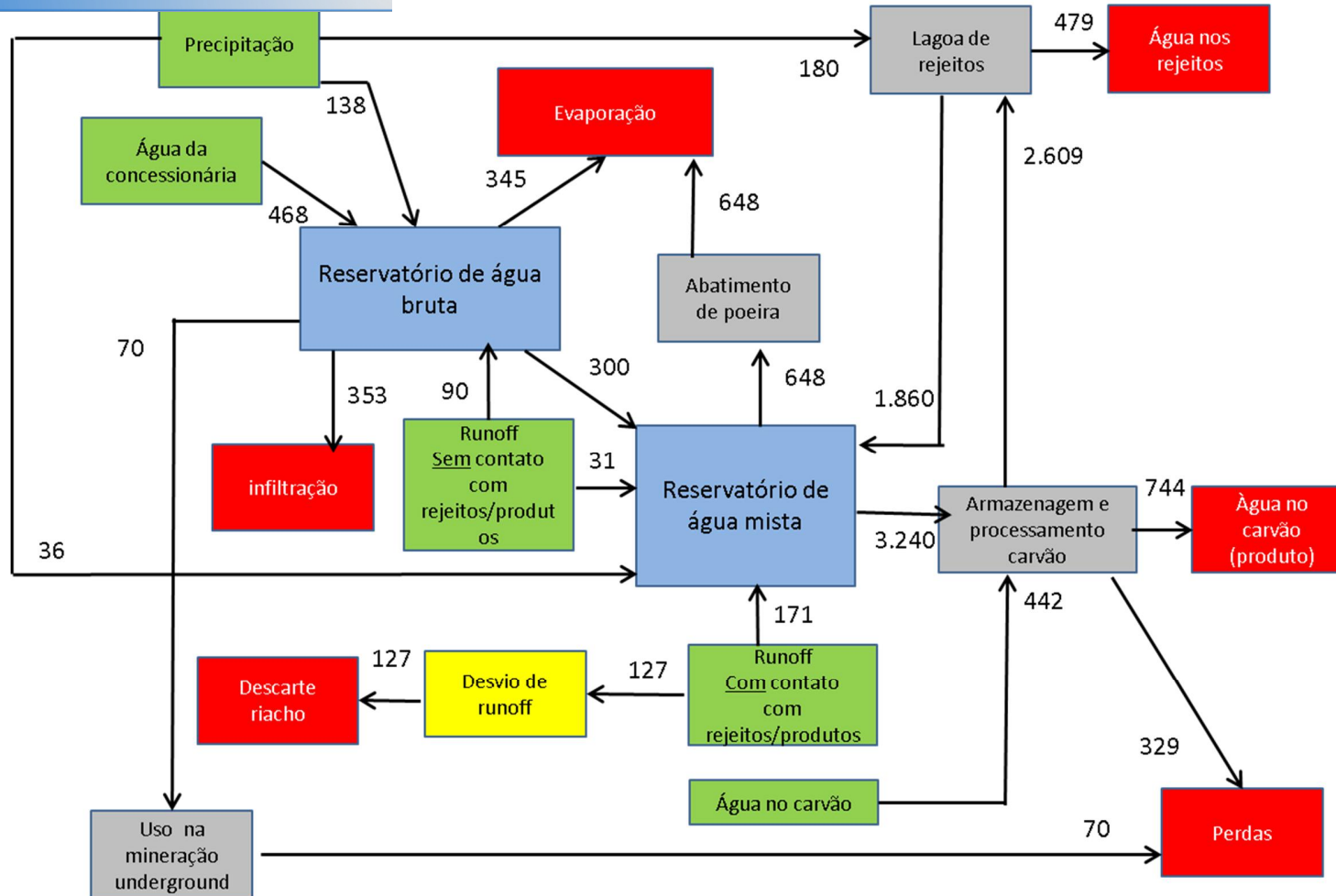
A seguir são indicados a qualidade e precisão dos dados usados no modelo operacional:

Tabela 11. Qualidade dos dados medidos e estimados

	Alta	Média	Baixa	Total
Fluxos (ML/ano)	910	1.975	2.433	5.318
Porcentagem	17%	37%	46%	

Como as frações com média e baixa qualidade estão associadas aos dados estimados, pode-se observar que 83% dos dados são oriundos de estimativas.

Operacional



Cálculo da eficiência operacional

Etapa 8: Considerando-se o modelo operacional, some todos os fluxos que “entram” nas atividades/operações (caixas cinza no fluxograma).

Total de entradas = $70+648+180+2.609+3.240+442 = 7.189$ ML/ano

Etapa 9: Some todos os fluxos utilizados nas atividades e que retornam para outras atividades ou para o reservatório de água mista.

Assume-se que a proporção de água de processo no reservatório misto é a mesma proporção que entra no reservatório misto no período de referência.

Total de água bruta que entra no reservatório de água mista= $300+31+36+171 = 538$ ML/ano

Total de água usada nas atividades que entra no reservatório de água mista= 1.860 ML/ano

Portanto, a proporção de água de processo no reservatório será de $78\% [1860/(1860+538)]$.

O fluxo de água de processo que foi usada nas atividades/operações será igual = (Soma dos fluxos de entrada nas atividades) + (proporção de água de processo proveniente do reservatório de água mista) x (fluxo do reservatório de água mista que é usado nas atividades).

Neste exemplo será:

$$= 2.609 + 0,78*(648+ 3.240) = 5.562 \text{ ML/ano.}$$

$$\text{Eficiência operacional} = 5.562/7.189 = 78\%$$

Etapa 10: Apresentação do quadro e eficiência operacional.

Tabela 12. Quadro resumo da eficiência operacional

Eficiência Operacional	
Volume total usado no processo (ML/ano)	7.189
Volume total reutilizado (ML/ano)	5.562
Eficiência Operacional	78%

5.2. Estudo de caso – mina de ouro e cobre

Este estudo de caso considera a situação em que a lagoa de rejeitos armazena água durante o período de balanço, indicando como deve ser aplicado o modelo operacional nesta situação.

Como a representação dos fluxos já foi descrita na metodologia e no estudo de caso anterior, este exemplo tem início no fluxograma do modelo, indicado na figura 12.

Esta mina faz uma gestão consistente do uso da água, bem como dispõe de um modelo hidrológico que pode ser aplicado no site de forma a obter os fluxos de evaporação, precipitação, runoff e infiltração.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

5.2.1. Resumo do site

A reservação de água bruta é feita por intermédio de dois reservatórios que foram agrupados. O reservatório de água mista é único. Ambos recebem contribuição da precipitação.

A água do rio é direcionada para um reservatório interno ao site. Parte da água do rio é usada para manter a vegetação ribeirinha, por isso é considerada vazão ambiental.

A água contida nos poços (bore) é de boa qualidade e é utilizada no site para consumo interno.

O rebaixamento do lençol origina um fluxo de água que é direcionado para o reservatório misto.

O efluente tratado (fora do site) oriundo do município (concessionária) é direcionado para o reservatório misto.

A mina tem processamento subterrâneo (underground) e a céu aberto, ambos são supridos com água do reservatório misto.

O site dispõe de uma ETE para tratamento de efluentes gerados no processo/operações.

A unidade de processamento de minérios é abastecida pelo reservatório misto, e como ela tem unidades de espessamento, há retorno do sobrenadante para o reservatório misto.

O sobrenadante das lagoas de rejeito é direcionado para o reservatório misto, mas há acumulação/reservação de água no período considerado para o balanço.

As perdas são devido à evaporação, infiltração, processo e arraste com resíduos.

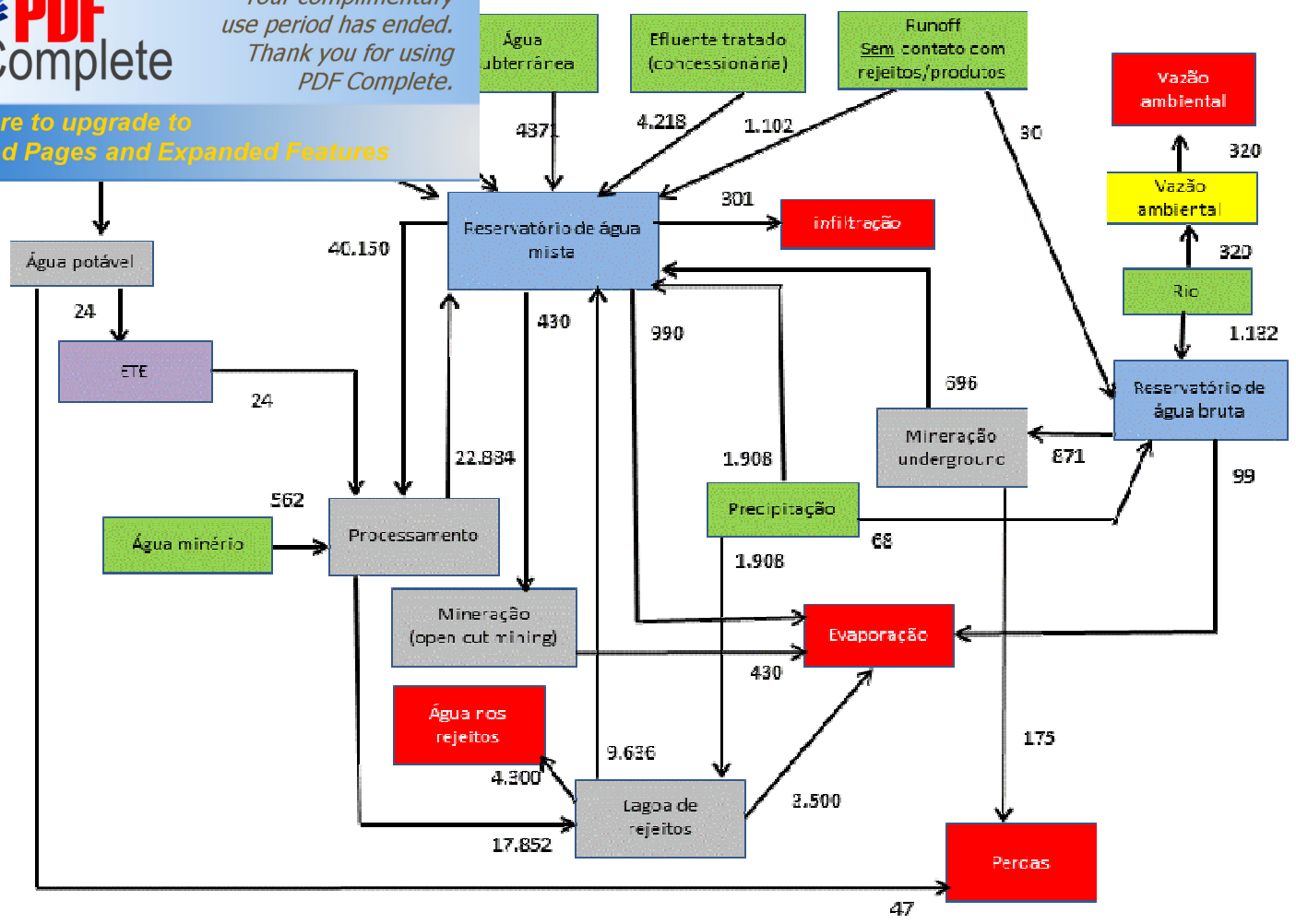


Figura 12. Fluxograma do modelo operacional da mina de cobre e ouro



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

São José dos Campos - SP
Telefone: (12) 3945 0133 Cel: (12) 8156 6252
Email: zc_piotto@uol.com.br



5.5.2. Modelo operacional para a mina de ouro e cobre

Entradas

Etapa 1: A partir do fluxograma (ou diagrama) de uso da água no site selecione as entradas relevantes. Quantifique os fluxos e as origens destas estradas.

As entradas são: precipitação, runoff, água contida na matéria-prima, água de poço (bore), água de rebaixamento de lençol e efluente tratado (concessionária).

Os fluxos oriundos da precipitação e runoff mostrado no fluxograma foram obtidos a partir de um modelo hidrológico calibrado com dados do site.

A quantidade de água no minério foi estimada. A quantidade processada foi 22,5 Mt/ano e o teor de umidade considerado para fins de cálculo foi 0,025. Com isso, o fluxo de água associado ao minério é 562 ML/ano.

As demais entradas são medidas (bore, rio, efluente, rebaixamento de lençol) e estão indicadas no fluxograma.

O efluente tratado oriundo da concessionária é considerado como água bruta, já que não passou por nenhum processo no site.

Saídas

Etapa 2: A partir do fluxograma (ou diagrama) de uso da água no site selecione as saídas. Quantifique os fluxos e os destinos das saídas.

As saídas são: evaporação, infiltração, perdas de processo e água contida nos rejeitos.

O modelo hidrológico quantificou a infiltração (301 ML/ano) e a evaporação (4.302 ML/ano). O destino da infiltração é para o subsolo e a evaporação foi incluída na categoria “outros”.

As perdas de processo precisaram ser estimadas. As perdas associadas à mineração underground são de 175 ML/ano, e as perdas associadas ao uso de água potável são 47 ML/ano, totalizando 222 ML/ano. Como o site desconhece o fluxo dos decantadores da planta de processamento de minério, este valor foi obtido por intermédio do balanço desta unidade. Com isso, foi assumido que não há perdas no processamento do minério.

O fluxo associado aos rejeitos foi estimado considerando-se o espaço ocupado pelo minério nas lagoas (4.300 ML/ano).

Este fluxo foi classificado na planilha como “outros”.

Desvios

Etapas 3: A partir do fluxograma (ou diagrama) de uso da água no site selecione e quantifique os desvios.

A vazão ambiental é considerada desvio porque não é direcionada para nenhum reservatório, nem é usada em alguma atividade/operação no site.

Este fluxo não é monitorado, mas, como o valor captado do rio é conhecido (1.452 ML/ano) e somente 1.132 ML/ano são encaminhados para o reservatório de água bruta, estimou-se que este fluxo é de 320 ML/ano.

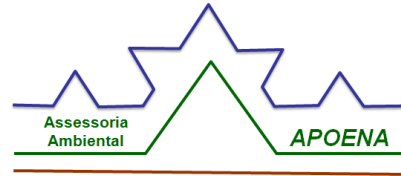
Nota: Embora o modelo indique que vazão ambiental seja uma saída, pelo fato de não haver uso no site e/ou qualquer tipo de tratamento, entende-se que a mesma devesse ser considerada como desvio. No exemplo em questão a vazão ambiental é considerada como entrada (320) no cômputo total 1.452, mas, não é considerada como saída, afetando o balanço.

Recomenda-se, portanto, que neste caso, a vazão ambiental seja considerada como desvio. Deste modo, a entrada de água superficial seria de $1452 - 320 = 1.132\text{ML}$.

Tabela 13. Quadro resumo do modelo operacional

Entradas e saídas	Elemento (fonte e destino)	Sub-elemento (entradas/saídas)	Sub-Elemento Total (ML)	Precisão (alta, média e baixa)		Notas (1,2..)	
				Medido	Estimado		
Entradas	Água superficial	Precipitação e Runoff	5.958		baixa	1	
		Rios e lagos	1.452	alta		2	
	Água subterrânea	Rebaixamento de lençol	487	alta		2	
		Poços	354	alta		2	
		Água no minério	562		baixa	3	
	Fornecida de concessionária	Contrato fornecedora (água)					
		Contrato fornecedora (água de reuso)	4.218	alta		2	
	TOTAL ENTRADAS			13.031			
	Outros	Água subterrânea	Infiltração	301		média	1
			Evaporação	5.019		alto	1
		Outros	Água em produto ou rejeito	4.300		média	3
			Outros (definir)	222		média	5
	TOTAL SAIDAS			9.842			
Desvios*							
	Água subterrânea	Vazão ambiental	320		alta	6	
		Rebaixamento de lençol					
	TOTAL DESVIOS (ENTRADAS)			320			
	Outros	Outro (água para vegetação)	320		alta		
TOTAL DESVIOS (SAÍDAS)			320				

* Somente os tipos mais comuns de desvios estão listados. Se necessário adicionar os demais



NOTAS

1. Simuladas usando modelos hidrológicos calibrados com dados do site. Por desconhecimento das áreas do reservatório de processo e da lagoa de rejeitos, adotou-se que 50 -50 seria a divisão da precipitação. Devido assumido, considerou-se que a qualidade desta estimativa é baixa.
2. Fluxos medidos;
3. Teor de umidade do minério estimado e o fluxo processado é conhecido;
4. O fluxo foi estimado a partir do volume de minério na lagoa. A lagoa de rejeitos acumula água;
5. Perdas calculadas para fechar o balanço;
6. O desvio não é medido, mas pode ser estimado por balanço.

Etapa 4: Correlacione os fluxos medidos e estimados quanto a sua qualidade.

A tabela a seguir apresenta a qualidade e precisão dos dados usados no modelo operacional

Tabela 14. Qualidade dos dados medidos e estimados

	Alta	Média	Baixa	Total
Fluxos (ML/ano)	12.170	4.823	6.520	23.513
Porcentagem	52%	21%	27%	

Etapa 5: Registre os volumes dos reservatórios no início e no final do período.

Neste exemplo pode ser observado que a acumulação foi de 2.324 ML/ano na lagoa de rejeitos. Esta situação, embora não desejável, pode acontecer quando há problemas no controle/infraestrutura operacional do site. Este excedente de água deve ser incluído no balanço.

Os volumes estocados de água eram de 4.072 ML/ano no início do período e de 7.261ML/ano no final, correspondente a uma diferença de 3.189 ML/ano.

5.2.3. Modelo operacional para a mina de ouro e cobre

Etapa 6: Liste as atividades/operações com uso de água, estações de tratamento, reservatórios e faça os agrupamentos sugeridos no modelo.

Reservatórios

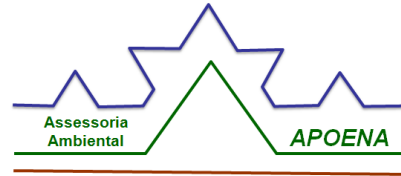
A água bruta é armazenada em dois reservatórios. A água mista é reservada num único reservatório que recebe água já utilizada proveniente da lagoa de rejeitos, dos espessadores, da planta de processamento e a água recuperada na mineração (underground).

A lagoa de rejeito foi usada como processo (armazenagem 2.324 ML/ano). Esta fração reservada é representativa em relação ao volume armazenado (7.261 ML/ano).

 *Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

São José dos Campos - SP
Telefone: (12) 3945 0133 Cel: (12) 8156 6252
Email: zc_piotto@uol.com.br



Na lagoa de rejeitos, do mesmo modo com que é feito para quantificar a proporção de água bruta em relação ao reservatório de água mista.

Os fluxos de precipitação, runoff e outras fontes de água bruta devem ser somados e comparados com demais fluxos que são encaminhados para a lagoa de rejeitos para obter a proporção de água bruta no mesmo.

Estação de tratamento efluente (ETE)

O site tem uma ETE que trata os efluentes gerados nas operações.

Atividades/operações

- Uso de água potável;
- Processamento de minério;
- Estocagem de rejeitos;
- Mineração (underground);
- Mineração a céu aberto.

O fluxo do reservatório misto atende a demanda do processamento de minério (40.150 ML/ano). A água proveniente dos espessadores existentes na planta de processamento de minério retorna para o reservatório misto (22.884 ML/ano).

Etapa 7: Faça o balanço de cada unidade em relação os fluxos de entrada e saída para consolidar o fluxograma. Neste exemplo, o fluxograma resultante está mostrado na figura 12.

Cálculo da eficiência operacional

Etapa 8: Some todas as entradas de água para as atividades/operações.

Entradas = $71+24+40.150 + 562+ 871+1.908+17.852+430 = 61.868$ ML/ano.

Etapa 9: Some os fluxos de água usados nas operações que são reutilizados em atividades/operações.

No estudo de caso da mina de carvão, 100% da água utilizada na estocagem de rejeitos foi considerada de processo.

Neste exemplo, como há reservação, é preciso calcular a fração de água em relação à água de processo na lagoa de rejeitos, antes de calcular o fluxo de água de processo no reservatório misto.

Balanço na lagoa de rejeitos:



PDF Complete

Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

São José dos Campos - SP
 Telefone: (12) 3945 0133 Cel: (12) 8156 6252
 Email: zc_piotto@uol.com.br



Fluxo de água bruta: 1.908 ML/ano
 Fluxo de água de processo: 17.852 ML/ano
 Fração de água de processo: 90%
 Portanto, a quantidade de água de processo que sai da lagoa de rejeitos é 90% de 9.636 ML/ano = 8.672 ML/ano.

Reservatório misto

Fluxos de água bruta = 283+942+487+4.218+1.102+1.908+(9.636- 8.672) = 9.904 ML/ano.

Água de processo = 22.884+696+8.672 = 32.252 ML/ano.

A proporção de água de processo é $32.252 / (32.252 + 9.904) = 77\%$

A quantidade de água reutilizada nas atividades/operações = fluxos de água entre processos + proporção de água de processo na lagoa mista * fluxo de água mista para as atividades.

A quantidade de água reutilizada = 17.852 + 24 + 0,77*(430 + 40.150) = 49.123 ML/ano.

A eficiência de reutilização = 49.123/61.868 = 79%.

Neste ponto é importante destacar que para fins de simplificação, a eficiência operacional foi associada à reutilização da água. A reutilização considera tanto a água de reuso como a água reciclada

Etapa 10: Apresentação do quadro e eficiência operacional.

Tabela 15. Quadro resumo da eficiência operacional

Eficiência Operacional	
Volume total usado no processo (ML/ano)	61.868
Volume total reutilizado (ML/ano)	49.123
Eficiência Operacional	79%