



André Cordeiro De Paoli – ART nº 4541661



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Leinº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

CREA-MG

Via da Obra/Serviço
Página 1/1

ART de Obra ou Serviço
14201800000004541661
EQUIPE À ART
14201800000004534875

1. Responsável Técnico

ANDRE CORDEIRO DE PAOLI

Título profissional:
ENGENHEIRO AMBIENTAL;

RNP: 1408348543

Registro: 04.0.0000125170

Empresa contratada:
ECOLAB-MEIO AMBIENTE LTDA

Registro: 23036

2. Dados do Contrato

Contratante: MINERAÇÃO USIMINAS S.A.
Logradouro: RUA PROFESSOR JOSÉ VIEIRA DE MENDONÇA

CNPJ: 12.056.613/0001-20
Nº: 003011

Cidade: BELO HORIZONTE

Bairro: ENGENHO NOGUEIRA
UF: MG

CEP: 31310260

Contrato:

Celebrado em:

Valor: 397.857,88

Tpo de contratante: PESSOA JURÍDICA DE DIREITO PRIVADO

3. Dados da Obra/Serviço

Logradouro: FAZENDA SAMAMBAIA S/Nº

Nº: 000000

Complemento: ZONA RURAL

Bairro: N.A.

Cidade: ITATIAIUÇU

UF: MG

CEP: 35685000

Data de início: 31/01/2018 Prazo de término: 31/05/2018

Coordenadas geográficas: 20°09'17.00S 044°25'35.00O

Finalidade: AMBIENTAL

Proprietário: MINERAÇÃO USIMINAS S.A.

CNPJ: 12.056.613/0001-20

4. Atividade Técnica

1 - CONSULTORIA

Quantidade:

Unidade:

ESTUDO DE VIABILIDADE AMBIENTAL, MEIO AMBIENTE, ESTUDO IMPACTO AMBIENTAL 264.00

hh

E REL. IMPACTO AMBIEN.-EIA/RIMA

ESTUDO DE VIABILIDADE AMBIENTAL, MEIO AMBIENTE, PLANO DE CONTROLE 16.00

hh

AMBIENTAL-PCA

ESTUDO DE VIABILIDADE AMBIENTAL, MEIO AMBIENTE, OUTORGA DE AGUAS (DETALHAR 24.00

hh

NO CAMPO OBSERVACOES)

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

EIA / RIMA / PCA / OUTORGA (DRENO DE FUNDO E DIQUE) - PROJETO SISTEMA DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS.....

6. Declarações

7. Entidade de Classe

ASSOCIACAO PROFISSIONAIS ENGENHARIA AMBIENTAL -

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Belém, 29 de maio de 2018

André Cordeiro De Paoli
ANDRE CORDEIRO DE PAOLI RNP: 1408348543

MINERAÇÃO USIMINAS S.A. CNPJ: 12.056.613/0001-20

Valor da ART: 82,94

Registrada em: 29/05/2018

Valor Pago: 82,94

9. Informações

- A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.
- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.crea-mg.org.br ou www.confrea.org.br
- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

VALOR DA OBRA: R\$ R\$397.857,88. ÁREA DE ATUAÇÃO: MEIO AMBIENTE, MEIO AMBIENTE, MEIO AMBIENTE.



www.crea-mg.org.br | 0800.0312732

Nosso Número: 000000004436021



Glauber Marcos de Oliveira – ART nº 4541690



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

Via do Profissional
Página 1/1

CREA-MG ART de Obra ou Serviço
1420180000004541690
EQUIPE À ART
14201800000004534875

1. Responsável Técnico
GLAUBER MARCOS DE OLIVEIRA
Título profissional: GEOGRAFO;
RNP: 1410218449
Registro: 04.0.0000145625

2. Dados do Contrato
Contratante: MINERAÇÃO USIMINAS S.A. CNPJ: 12.056.613/0001-20
Logradouro: RUA PROFESSOR JOSÉ VIEIRA DE MENDONÇA Nº: 003011
Cidade: BELO HORIZONTE Bairro: ENGENHO NOGUEIRA
UF: MG CEP: 31310260
Contrato: Celebrado em:
Valor: 397.857,88 Tpo de contratante: PESSOA JURÍDICA DE DIREITO PRIVADO

3. Dados da Obra/Serviço
Logradouro: FAZENDA SAMAMBAIA S/Nº Nº: 000000
Complemento: ZONA RURAL Bairro: N.A.
Cidade: ITATIAIUÇU UF: MG CEP: 35685000
Data de início: 31/01/2018 Previsão de término: 31/05/2018 Coordenadas geográficas: 20°09'17.00S 044°25'35.00O
Finalidade: AMBIENTAL
Proprietário: MINERAÇÃO USIMINAS S.A. CNPJ: 12.056.613/0001-20

4. Atividade Técnica

Atividade	Quantidade	Unidade
1 - CONSULTORIA		
ESTUDO DE VIABILIDADE AMBIENTAL, MEIO AMBIENTE, ESTUDO IMPACTO AMBIENTAL E REL. IMPACTO AMBIEN.-EIA/RIMA	264.00	hh
ESTUDO DE VIABILIDADE AMBIENTAL, MEIO AMBIENTE, PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL-PCA	16.00	hh
ESTUDO DE VIABILIDADE AMBIENTAL, MEIO AMBIENTE, OUTORGA DE AGUAS (DETALHAR NO CAMPO OBSERVACOES)	16.00	hh
ESTUDO DE VIABILIDADE AMBIENTAL, AGRONOMIA, PLANO DE UTILIZAÇÃO PRETENDIDA - PUP	24.00	hh

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações
EIA / RIMA / PCA / PUP / OUTORGA (DRENO DE FUNDO E DIQUE) / BOOK IBAMA - PROJETO SISTEMA DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS.....
6. Declarações

7. Entidade de Classe
ASSOC. DOS PROFISSIONAIS GEÓGRAFOS DO ESTADO DE

8. Assinaturas
Declaro serem verdadeiras as informações acima
Belo Horizonte, 29 de Maio de 2018
Glauber Marcos de Oliveira
GLAUBER MARCOS DE OLIVEIRA RNP: 1410218449
MINERAÇÃO USIMINAS S.A. CNPJ: 12.056.613/0001-20
Valor da ART: 82,94 Registrada em: 29/05/2018

9. Informações
- A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.
- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.crea-mg.org.br ou www.confrea.org.br
- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.
VALOR DA OBRA: R\$ R\$397.857,88. ÁREA DE ATUAÇÃO: CARTOGRAFIA, CARTOGRAFIA, CARTOGRAFIA, CARTOGRAFIA.

www.crea-mg.org.br | 0800.0312732
Nosso Número: 000000004436049



FOLHA DE DESPACHO 67/2018

Belo Horizonte, 31 de Agosto de 2018.

Para: Marcelo da Fonseca
Chefe de Gabinete do IGAM

Assunto: Encaminhamento de processos de Outorga elencados no grupo "Força Tarefa".


Prezado Senhor,

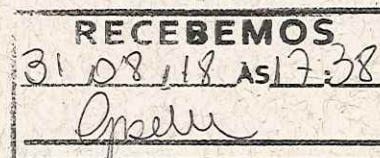
Encaminhamos, anexo, os processos de outorgas vinculadas a regularização ambiental para as devidas providências.

São eles:

Nº do Processo	Empreendimento	Município	Tipo	Nº pastas
4589/2018	Mineração	ITATIAIUÇU	Outorga	1
4590/2018	Usiminas S/A			1

Atenciosamente,


Rômulo Augusto Teixeira
Gabinete Adjunto - Assessoria





GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SISEMA
Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM



OF. OUTORGA.GERUR.IGAM nº 233/2018

Belo Horizonte, 04 de outubro de 2018.

Assunto: Solicitação de informações complementares processos nº 04590/2018

Prezado Requerente,

A GERUR/DPLR/IGAM, para dar continuidade à análise do processo de outorga de direito de uso de recurso hídrico discriminado acima, vem, por meio deste, solicitar a apresentação detalhada da memória de cálculo utilizada para o estudo hidrológico-hidráulico e dimensionamento hidráulico da drenagem de fundo da Pilha de rejeito.

A memória de cálculo deve apresentar, dentre outras informações, as áreas de contribuição de cada trecho, declividades, fórmulas e demais parâmetros necessários e utilizados para embasar o dimensionamento das estruturas dos drenos de fundo.

As informações complementares devem ser protocoladas na SUPRAM mais próxima, ressalta-se que só terão validade os documentos que tiverem autenticação mecânica realizada na SUPRAM.

Caso no prazo máximo de 60 (sessenta) dias contados a partir do recebimento deste, não houver atendimento pleno das informações solicitadas, o processo será indeferido conforme artigo 11 da Portaria IGAM Nº 49, de 01/07/2010.

Colocamo-nos a disposição para eventuais esclarecimentos que se fizerem necessário.

Atenciosamente,

Thiago Figueiredo Santana
Diretor de Planejamento e Regulação

Sr. André Chaves de Andrade
Mineração Usiminas S.A. – Mina Central
Rua Professor José Vieira Mendonça, nº 3011 – 2º Andar – Engenho Nogueira
CEP: 31.310-260 – Belo Horizonte/MG

Cidade Administrativa do Estado de Minas Gerais - Rodovia Prefeito Américo Gianetti, 4143, Prédio Minas,
1º andar, bairro Serra Verde - Belo Horizonte - Minas Gerais – CEP: 31.630-900 Telefone: (31) 3915-1252



CARTA COMERCIAL - **REGISTRADO** - DATA:

8/10/2018

DR DE ORIGEM DO CONTRATO: DR/MG - CONTRATO Nº 9912250659 -

SETOR: GERUR ÓRGÃO: IGAM RESPONSÁVEL: Angela RAMAL: 51126

	Etiqueta de Registro	Destinatário	CEP
01		OF.OUTORGA.GERUR.IGAM Nº 233/2018 Processo de Outorga 4590/2018 Exmo. Sr. André Chaves de Andrade Mineração Usiminas S/A - Mina Central Rua Professor José Vieira Mendonça, 3011 - 2º andar - Engenho Nogueira CEP: 31.310.260 - Belo Horizonte/MG	31.310.260
02			
JT 63569312 2 BR			

Atene 3417
 Unidade Central CAH
 Mat: 4401-2

05/10/18



10



10



JT635693122BR

O horário apresentado no histórico do objeto não indica quando a situação ocorreu, mas sim quando os dados foram recebidos pelo sistema, exceto no caso do SEDEX 10 e do SEDEX Hoje, em que ele representa o horário real da entrega.

Objeto entregue ao destinatário

Objeto entregue ao destinatário
10/10/2018 11:53 Belo Horizonte / MG

10/10/2018
11:53
Belo Horizonte / MG **Objeto entregue ao destinatário**

10/10/2018
11:38
Belo Horizonte / MG **Objeto saiu para entrega ao destinatário**

09/10/2018
14:05
BELO HORIZONTE / MG **Objeto postado**



CORR. EXTERNA. MUSA 298/2018

Belo Horizonte, 09 de Novembro de 2018

Ilmo. Sr.

Thiago Figueiredo Santana

Diretor de Planejamento e Regulação

Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM

Ref: Processo Administrativo COPAM nº 00092/1982/067/2018.
Processo Outorga nº 04590
Projeto Sistema de Disposição de Rejeitos Filtrados (LP+LI+LO)
Resposta ao OF. OUTORGA. GERUR. IGAM nº 233-2018
Informações Complementares



Prezado Senhor,

Fazemos referência ao processo em epígrafe, de interesse da Mineração Usiminas S/A, para apresentar anexa a documentação informada abaixo, em resposta as informações complementares solicitadas por meio do Ofício supracitado (OF. OUTORGA. GERUR. IGAM nº 233-2018), a saber:

1. Relatório Técnico-Memória de Cálculo Drenos de Fundo- Pilha de Rejeitos Filtrados – Projeto Básico;
2. Pilha de Disposição de Rejeitos Drenagem Interna -Planta e Seções – Projeto Básico – Planta e Seções;
3. ART do Projeto Sistema de Disposição de Rejeitos Filtrados;
4. ART da Pilha de Rejeitos;

Sem mais para o momento, antecipamos agradecimentos; nos colocando a disposição para quaisquer esclarecimentos. Atenciosamente;

André Chaves de Andrade
André Chaves de Andrade

Gerente Geral de Sustentabilidade
Mineração Usiminas S/A

GAB-ADJ
Lamiguetta

TIPO DE DOCUMENTO TÉCNICO				LOCALIZAÇÃO			TOTAL DE FOLHAS
RELATÓRIO TÉCNICO							12
							
Z	29/10/18	EMIÇÃO INICIAL	EAB	LVL	LVL	BKA	
REV.	DATA	DESCRIÇÃO	REV. POR	VERIF. POR	VISTO POR	APROV. POR	
REVISÃO						REFERÊNCIAS	
FIRMA PROJETISTA					DOCUMENTO Nº		
HATCH					H354275-00000-22A-202-1002		
PREPARADO POR: E. BEIRIGO			VERIFICADO POR: L. VILLEFORT		VISTO POR: L. VILLEFORT		
APROVADO POR: B. KARANTH			CREA:		DATA: 17/10/2018		
FORNECEDOR:					DOCUMENTO Nº		
PREPARADO POR:			VERIFICADO POR:		VISTO POR:		
APROVADO POR:			CREA:		DATA:		
APROVAÇÃO MUSA							
SETOR	DATA	SIGLA	NÃO APROVADO	APROVADO C/ OBS.	CIENTE	APROVADO	
CONTROLE							
TÉCNICO							
TÉCNICO							
TÉCNICO							
<p>ATENÇÃO: ESTE DOCUMENTO É DE PROPRIEDADE DA MUSA S.A. MUSA, É RESTRITO E NÃO PODE SER REPRODUZIDO, COPIADO, REVELADO OU TRANSMITIDO, TOTAL OU PARCIALMENTE, NEM UTILIZADO PARA E POR TERCEIROS, SEM PERMISSÃO POR ESCRITO DA MUSA.</p>							
				Complexo Serra Azul			
<p>SISTEMA DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS FRIÁVEIS GERAL - ENGENHARIAS / EPCM G10110 - ENGENHARIA BÁSICA DRENOS DE FUNDO – PILHA DE REJEITOS FILTRADOS MEMÓRIA DE CÁLCULO PROJETO BÁSICO</p>							
FORM.	PACOTE	ITEM ESP. CONTRATUAL		DOCUMENTO Nº			
A4		ITEM ESP. CODIFICÁVEL G10110		MJ50G10110GMCP0001			



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. DIMENSIONAMENTO QUANTO À CAPACIDADE DE DRENAGEM	4
2.1.1 Recargas de Projeto	4
2.1.2 Áreas de Contribuição de Cada Dreno	6
2.1.3 Cálculo das Vazões de Projeto	8
2.1.4 Cálculo da Área Útil Mínima da Seção Transversal dos Drenos.....	8
3. DIMENSIONAMENTO DAS TRANSIÇÕES QUANTO À FILTRAÇÃO	10
4. RESULTADO FINAL DO DIMENSIONAMENTO	11
5. REFERÊNCIAS.....	11

1. INTRODUÇÃO

Este documento apresenta a memória de cálculos do dimensionamento dos drenos de fundo da pilha de rejeitos filtrados do Sistema de Desaguamento e Disposição de Rejeitos Friáveis da Mineração Usiminas S. A. (MUSA), visando fornecer informações para a complementação do relatório de estudo de outorga para intervenção no curso d'água em que se pretende implantar a pilha.

Esta memória de cálculo também visa atender solicitação do IGAM para concessão de outorga, especificamente o Ofício OUTORGA GERUR IGAM Nº 233/2018.

A pilha de rejeitos filtrados em estudo está localizada no município de Itatiaiuçu, no estado de Minas Gerais. O arranjo geral da estrutura, bem como do respectivo dique de contenção de sedimentos é apresentado na Figura 1.

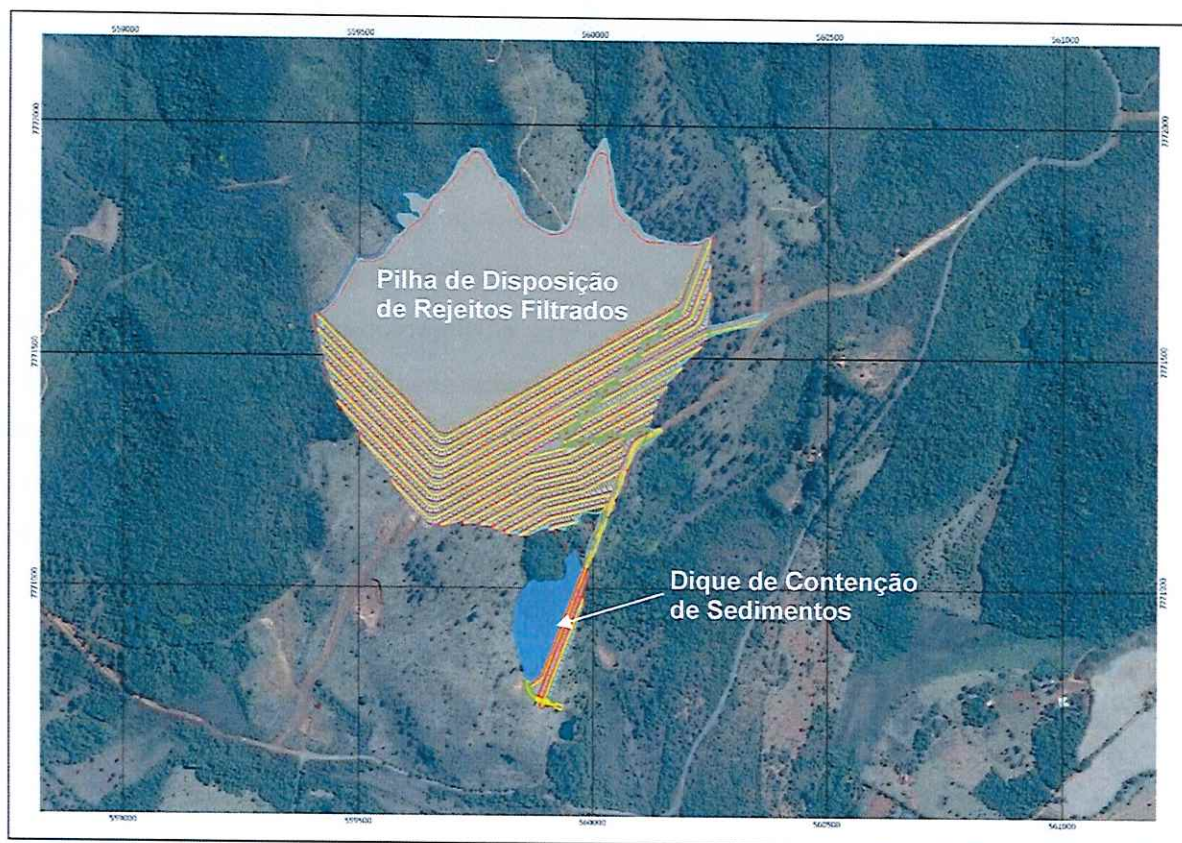


Figura 1– Arranjo geral da pilha de rejeitos filtrados e do dique de contenção de sedimentos.

O controle de percolação no interior da pilha de rejeitos filtrados será promovido por dois drenos de fundo principais a serem implantados ao longo dos talvegues. Conforme apresentado no



desenho MJ20G10110PDGP0013, o dreno 1 foi dividido em dois segmentos, dreno 1A e dreno 1B, e o dreno 2 foi dividido em três segmentos, dreno 2A, dreno 2B e dreno 2C (Figura 2).

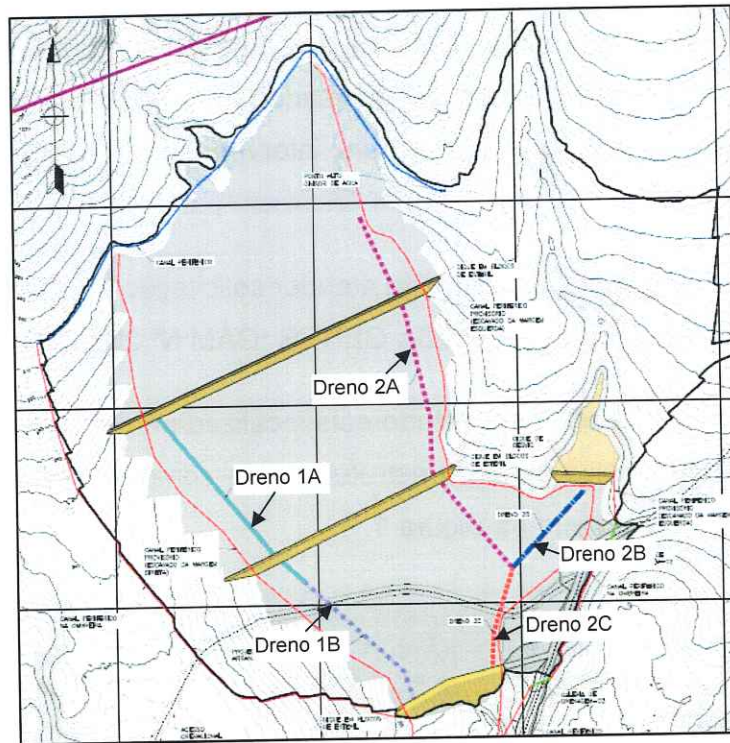


Figura 2– Arranjo geral dos drenos de fundo da pilha de rejeitos filtrados.

Estes dispositivos foram projetados considerando critérios de permeabilidade e filtração e, ainda, a construtibilidade dos mesmos. Para o dimensionamento quanto à capacidade de drenagem foi utilizado o método de Wilkins (Saliba et al, 2010 e Saliba *et al*, 2016), dado que o fluxo neste dispositivo não é mais laminar, mas sim, turbulento. Utilizando os resultados do balanço hídrico realizado para a área de estudo, as formulações apresentadas no item 2.1.4 foram utilizadas para o cálculo da área útil mínima da seção transversal dos drenos de fundo no sentido de garantir a capacidade de drenagem de projeto mínima requerida.

2. DIMENSIONAMENTO QUANTO À CAPACIDADE DE DRENAGEM

2.1.1 RECARGAS DE PROJETO

A vazão nominal a ser controlada pelos drenos é composta por uma parcela proveniente da recarga aplicada sobre a pilha de rejeito (R2) e outra da recarga aplicada à bacia de contribuição a montante (R1). A determinação destas parcelas foi feita por meio da realização de balanço hídrico aplicado a estas áreas utilizando a estação Alto da Boa Vista (Código

		Nº MUSA MJ50G10110GMCP0001	Rev. Z	Página 4
---	---	-------------------------------	-----------	-------------

2044021), a qual está posicionada a cerca de 5 km do empreendimento (ver Figura 3), e considerando coeficientes de escoamento superficial iguais a 0,65 e 0,40 para as áreas da pilha de rejeitos e naturais respectivamente.



Figura 3– Localização da estação adotada para realização do balanço hídrico.

Na Tabela 1 são apresentados os dados mensais médios utilizados para cálculo do balanço hídrico.

Tabela 1– Dados mensais médios de precipitação e evaporação.

Mês	Precipitação			Evaporação		
	média	úmido	seco	média	úmido	seco
Jan	330	441	160	72	58	94
Fev	205	205	99	87	70	113
Mar	188	188	91	73	58	95
Abr	69	69	34	68	54	88
Mai	38	38	18	66	53	86
Jun	19	19	0	65	52	85
Jul	14	14	0	82	66	107
Ago	13	13	0	104	83	135
Set	53	53	26	115	92	150
Out	99	99	48	100	80	130
Nov	227	227	110	80	64	104
Dez	344	1036	167	70	56	91
Anual	1598	2401	752	982	786	1277



Nas Tabela 1 e Tabela 2 são apresentadas as recargas calculadas a partir do balanço hídrico realizado para cada uma dessas áreas.

Tabela 2- Valores Médios Mensais da Recarga na área em Terreno Natural (mm)

Recarga (R1)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	126,0	35,8	39,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	56,0	136,2

Tabela 3- Valores Médios Mensais da Recarga na área da Pilha de Rejeitos (mm)

Recarga (R2)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	43,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,3

Os valores adotados para o dimensionamento dos drenos de fundo foram os valores da máxima recarga média mensal em cada caso – terreno natural e pilha de rejeitos.

2.1.2 ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO DE CADA DRENO

Na Tabela 4 e nas Figura 4 e Figura 5 são apresentadas as áreas de recarga interna à pilha de rejeitos e externa (terreno natural) consideradas no projeto.

Tabela 4: Áreas de Recarga consideradas no projeto.

	Dreno 1A	Dreno 1B	Dreno 2A	Dreno 2B	Dreno 2C
Área de Recarga em terreno natural (m ²) – Figura 4	186.875 ⁽¹⁾	186.875 ⁽²⁾	186.875 ⁽¹⁾	301.485 ⁽³⁾	488.360 ⁽⁴⁾
Área de Recarga em pilha de rejeitos (m ²) – Figura 5	116.979	153.316	169.640	110.095	301.583

Notas: (1) considerado 50% da área da bacia a montante como área de recarga em terreno natural para o dreno 1A e 50% para o dreno 2A; (2) a área de recarga em terreno natural do dreno 1B foi considerada igual a área de recarga em terreno natural para o dreno 1A, localizada a montante; (3) considerado 100% da área da bacia a montante como área de recarga em terreno natural para o dreno 2B; e (4) a área de contribuição do dreno 2C resultou do somatório das áreas de contribuição consideradas para os drenos 2A e 2B, localizados a montante.

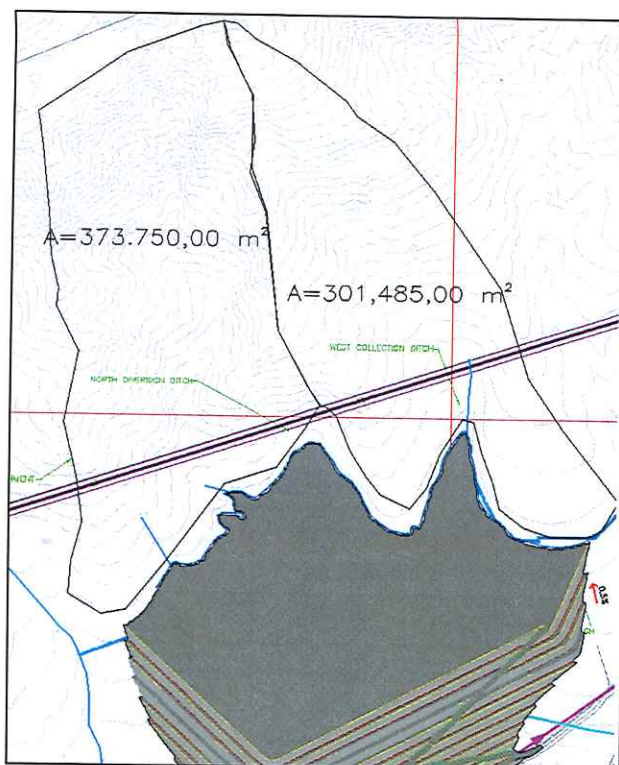


Figura 4: Área de recarga externa à pilha de rejeitos filtrados (terreno natural).

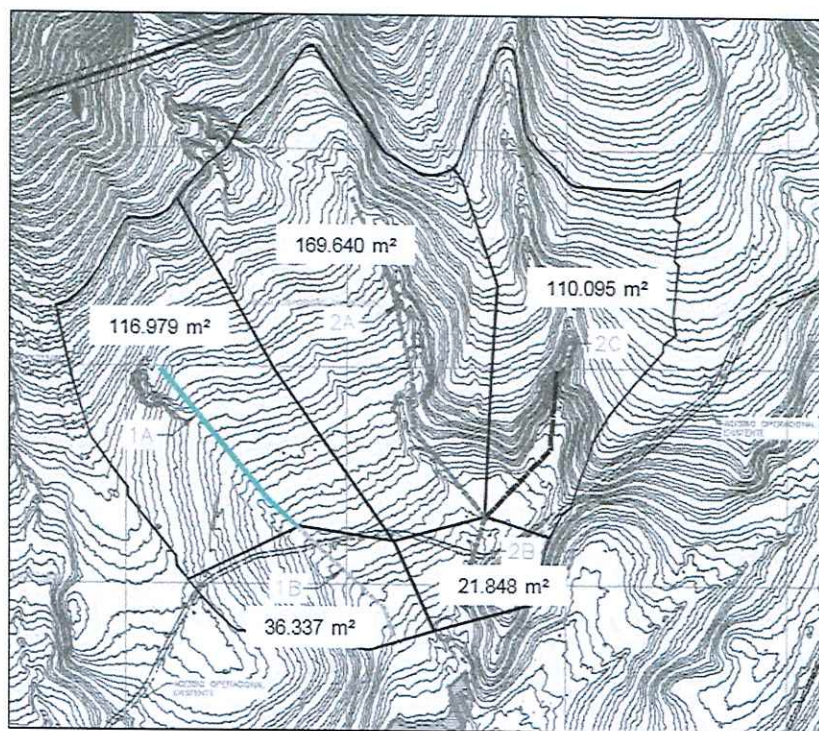


Figura 5: Área de recarga interna à pilha de rejeitos filtrados.



2.1.3 CÁLCULO DAS VAZÕES DE PROJETO

Na Tabela 5 são apresentadas as vazões nominais e de projeto calculadas para cada um dos drenos de fundo, conforme equações a seguir. Para cálculo da vazão de projeto foi considerado um fator de segurança de 2,5 (FS), aplicável a este tipo de estrutura.

$$Q_{\text{nominal}} = \text{Area de Recarga} \times \text{Recarga}$$

$$Q_{\text{de projeto}} = Q_{\text{nominal}} \times \text{FS}$$

Tabela 5: Detalhamento das vazões nominais e de projeto para cada dreno de fundo.

	Dreno 1A	Dreno 1B	Dreno 2A	Dreno 2B	Dreno 2C
Q nominal terreno natural (m ³ /hr)	35,36	35,36	35,36	57,04	92,39
Q nominal pilha de rejeitos (m ³ /hr)	8,17	10,71	11,85	7,69	21,07
Q total nominal (m ³ /hr)	43,53	46,07	47,21	64,73	113,46
Q de projeto terreno natural (m ³ /hr)	88,39	88,39	88,39	142,60	230,99
Q de projeto pilha de rejeitos (m ³ /hr)	20,43	26,77	29,63	19,23	52,67
Q total de projeto (m³/hr)	108,81	115,16	118,01	161,82	283,65

Na Tabela 5 são complementados e detalhados os resultados do processo de cálculo das vazões de projeto dos drenos de fundo da pilha de rejeitos filtrados apresentados anteriormente (tabela 7.4 do relatório de outorga). Cabe ressaltar que estas vazões representam o resultado de um processo de otimização conduzido ao longo do desenvolvimento do projeto, com ajustes. No entanto, estes ajustes não alteraram as dimensões finais executivas dos drenos de fundo já apresentadas no relatório de outorga (tabela 7.5) e reapresentada no item 4 desta memória de cálculos (Tabela 7).

2.1.4 CÁLCULO DA ÁREA ÚTIL MÍNIMA DA SEÇÃO TRANSVERSAL DOS DRENOS

2.1.4.1 Formulações

Considerando as formulações de Wilkins, tem-se que a área útil da seção transversal dos drenos de fundo é dada pela seguinte equação:

$$A = \frac{Q}{n * V_v}$$

Em que:

Q= Vazão de projeto;

n = porosidade do material do dreno de fundo;

V_v = velocidade do fluxo no dreno de fundo.

Para o cálculo da velocidade de fluxo, Wilkins estabelece a seguinte correlação:

$$V_v = W * m^{0,5} * i^{0,54}$$

Em que:

W = constante empírica que depende da forma e da rugosidade das partículas da rocha e da viscosidade da água;

m = raio hidráulico médio;

i = gradiente hidráulico.

2.1.4.2 Características da Pedra de Mão

Para cálculo da seção dos drenos de fundo utilizando estas formulações foi considerada pedra de mão caracterizada por blocos com diâmetro médio (D_{50}) de 100 mm e porosidade estimada em $n = 0,44$. Para estes parâmetros a correlação $W * m^{0,5}$ resulta em 58,70 cm/s.

2.1.4.3 Declividades

Naturalmente, ao longo do alinhamento proposto para os drenos, a declividade do terreno natural é variável. Visando a otimização do dimensionamento foi considerada a regularização da fundação dos drenos de modo a assegurar um gradiente hidráulico médio de 10%.

Com isto obtém-se uma velocidade efetiva de escoamento (V_v) de projeto de 0,17 m/s, aplicando-se a equação apresentada no item 2.1.4.1.

2.1.4.4 Resultados

Utilizando a equação de determinação da área útil mínima requerida para a seção transversal dos drenos (item 2.1.4.1), obtém-se os valores apresentados na Tabela 6.



Tabela 6– Áreas mínimas das seções transversais dos drenos de fundo.

	Dreno 1 A	Dreno 1B	Dreno 2 A	Dreno 2B	Dreno 2C
Área útil mínima dos drenos (m ²)	0,406	0,429	0,440	0,603	1,058

3. DIMENSIONAMENTO DAS TRANSIÇÕES QUANTO À FILTRAÇÃO

Para atender aos critérios de filtro, fundamentais para o perfeito funcionamento do sistema de drenagem de fundo, foram definidas as camadas de transição entre os materiais do dreno de fundo (pedra de mão) e os rejeitos da pilha: brita e areia, conforme apresentado na figura a seguir.

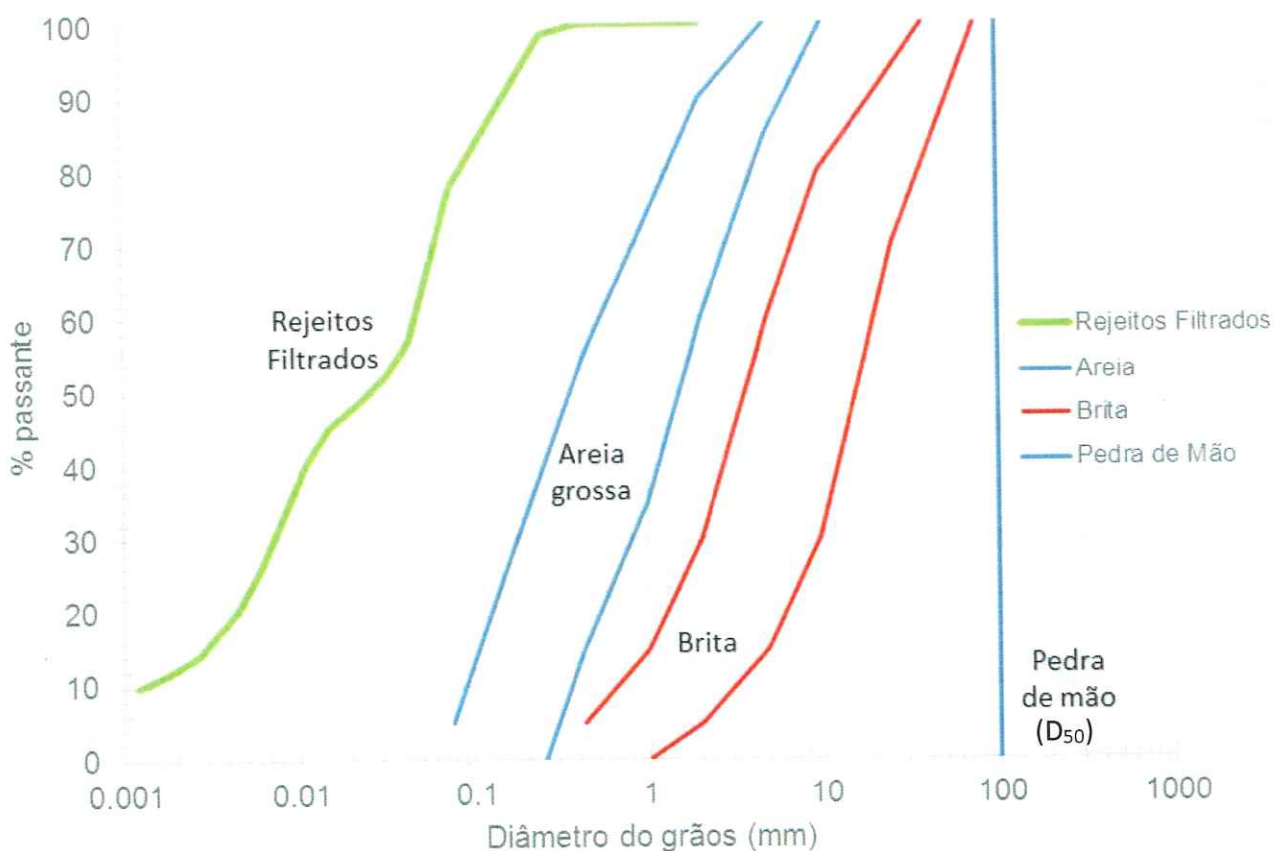


Figura 6: Curvas granulométricas dos materiais que compõem os drenos de fundo da pilha de rejeitos filtrados.

As espessuras especificadas para cada camada de transição foram definidas considerando as espessuras mínimas construtivas e suficientes para se garantir a funcionalidade do dreno.

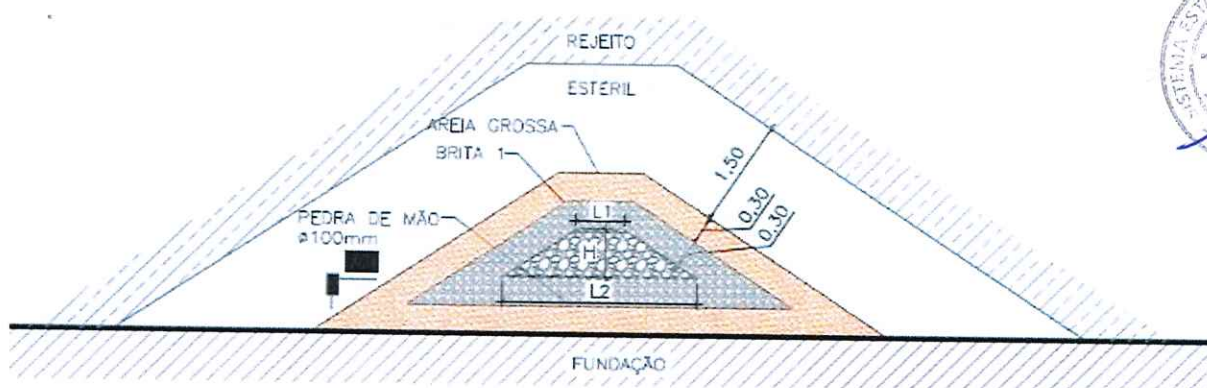


Figura 7: Drenos de fundo – Seção transversal típica.

4. RESULTADO FINAL DO DIMENSIONAMENTO

Na Tabela 7 são apresentadas as dimensões definidas para os drenos de fundo, considerando ainda a adoção de dimensões mínimas construtivas.

Tabela 7– Dimensões da Drenagem de Fundo da Pilha de Rejeito

Resultados - Dimensões Adotadas no projeto						
		DRENO 1A	DRENO 1B	DRENO 2A	DRENO 2B	DRENO 2C
Area adotada	m ²	0.625	0.625	0.625	0.625	1.125
L1	m	0.5	0.5	0.5	0.5	1.5
L2	m	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0
H	m	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
H:1V	-	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Comprimento	m	286.9	200.8	488.7	237.2	130.6
Volume de pedra de mão	m ³	179.3	125.5	305.4	148.3	146.9
Espessura da brita	m	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Volume de Brita	m ³	556.5	389.6	948.0	460.2	331.7
Espessura da areia	m	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Volume de areia	m ³	928.83	650.19	1,582.36	768.05	501.24
Espessura do estéril	m	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Volume de estéril	m ³	4,359.3	3,051.6	7,426.5	3,604.7	2,184.4

5. REFERÊNCIAS

Saliba et al., 2010. Metodologia para dimensionamento de drenos de fundo de pilhas de estéril. Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica de 2010, COBRAMSEG 2010. ABMS. 7p.

Saliba et al., 2016. Revisão da metodologia para dimensionamento de drenos de fundo de pilhas de estéril. Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica de 2016, COBRAMSEG 2016. ABMS. 6p.



MJ20G10110PDGP0013_B – Pilha de Disposição de Rejeitos Drenagem Interna – Planta e Seções. Projeto Básico. Revisão B. Hatch, 2018.

Mineração USIMINAS 		Nº MUSA MJ50G10110GMCP0001	Rev. Z	Página 12
--	---	-------------------------------	-----------	--------------



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
 Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais



Via da Obra/ Serviço

ART de Obra ou Serviço
 14201800000004845183
 EQUIPE A ART
 14201700000004143708

1. Responsável Técnico

RAFAEL MARTINS FONSECA

Título profissional:
ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO/CIVIL;

RNP: 1411190270

Registro: 04.0.0000156564

Empresa contratada:

HATCH CONSULTORIA E GERENCIAMENTO DE EMPREENDIMENTOS LTDA

Registro: 37856

2. Dados do Contrato

Contratante: **MINERAÇÃO USIMINAS S.A**

Logradouro: **RUA PROFESSOR JOSÉ VIEIRA DE MENDONÇA**

CNPJ: 12.056.613/0001-20
 Nº: 003011

Cidade: **BELO HORIZONTE**

Bairro: **ENGENHO NOGUEIRA**
 UF: **MG**

CEP: 31310260

Contrato: **4600150264**

Celebrado em: **28/08/2017**

Valor: **3.396.000,00**

Tipo de contratante: **PESSOA JURÍDICA DE DIREITO PRIVADO**

Ação institucional: **CONVÊNIO DO CREA**

3. Dados da Obra/Serviço

Logradouro: **FAZENDA FAZENDA SAMAMBAIA**

Nº: 000000

Cidade: **ITATIAIUÇU**

Bairro: **ZONA RURAL**
 UF: **MG**

CEP: 35685000

Data de início: **28/08/2017** Prazo de término: **31/12/2019**

Finalidade: **INDUSTRIAL**

Proprietário: **MINERAÇÃO USIMINAS S.A**

CNPJ: 12.056.613/0001-20

4. Atividade Técnica

1 - **COORDENAÇÃO**

Quantidade: Unidade:

PROJETO, MINERAÇÃO, ATERRO DE REJEITO/CAPEAMENTO

3000.00 hh

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

SERVIÇOS ESPECIALIZADOS DE ENGENHARIA MULTIDISCIPLINAR, INCLUSIVE ENGENHARIA GEOTÉCNICA, PARA O DESENVOLVIMENTO DO NOVO SISTEMA DE DESAGUAMENTO E DE DISPOSIÇÃO DOS REJEITOS DA MINERAÇÃO USIMINAS S.A.

6. Declarações

7. Entidade de Classe

SINDICATO DE ENGENHEIROS NO ESTADO DE MINAS GERAIS

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Belo Horizonte, 28 de Outubro de 2018

Rafael Martins Fonseca

RAFAEL MARTINS FONSECA

RNP: 1411190270

MINERAÇÃO USIMINAS S.A

CNPJ: 12.056.613/0001-20

Valor da ART: 82,94

Carlos Hector Rezzonico
 Diretor Presidente

Registrada em: 24/10/2018

Valor Pago: 82,94

9. Informações

- A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.
- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.crea-mg.org.br ou www.confea.org.br
- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

TIPO DA OBRA: 02 REJEITOS/ATERRO. AÇÃO DE MINERAÇÃO CIVIL.



www.crea-mg.org.br | 0800.0312732

Nosso Número: 000000004713842



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART **CREA-MG**
 Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais



Via da Obra/Serviço
 Página 1/1

ART de Obra ou Serviço
 14201700000004143708

1. Responsável Técnico
LEONARDO VIEIRA MARQUES
 Título profissional:
ENGENHEIRO MECANICO;
 Empresa contratada:
HATCH CONSULTORIA E GERENCIAMENTO DE EMPREENDIMENTOS LTDA

RNP: 2603159267
 Registro: 06.0.5061409013
 Registro: 37856

2. Dados do Contrato
 Contratante: **MINERAÇÃO USIMINAS S.A**
 Logradouro: **RUA PROFESSOR JOSÉ VIEIRA DE MENDONÇA**
 Cidade: **BELO HORIZONTE**
 Contrato: **4600150264** Celebrado em: **28/08/2017**
 Valor: **3.396.000,00** Tpo de contratante: **PESSOA JURÍDICA DE DIREITO PRIVADO**
 Ação institucional: **CONVÊNIO DO CREA**

CNPJ: 12.056.613/0001-20
 Nº: 003011
 Bairro: **ENGENHO NOGUEIRA**
 UF: **MG** CEP: **31310260**

3. Dados da Obra/Serviço
 Logradouro: **FAZENDA FAZENDA SAMAMBAIA**
 Cidade: **ITATIUAÍUÇU**
 Data de início: **28/08/2017** Previsão de término: **31/12/2019**
 Finalidade: **INDUSTRIAL**
 Proprietário: **MINERAÇÃO USIMINAS S.A**

Nº: 000000
 Bairro: **ZONA RURAL**
 UF: **MG** CEP: **35685000**
 CNPJ: 12.056.613/0001-20

4. Atividade Técnica
1 - COORDENAÇÃO

Quantidade: Unidade:

PROJETO, EQUIP. MECÂNICOS E ELETROMECAÂNICOS E MÁQUINAS EM GERAL, MÁQUINAS 3000.00 hh
E EQUIPAMENTOS PARA MINERACAO

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações
SERVIÇOS ESPECIALIZADOS DE ENGENHARIA MULTIDISCIPLINAR, INCLUSIVE ENGENHARIA GEOTÉCNICA, PARA O DESENVOLVIMENTO DO NOVO SISTEMA DE DESAGUAMENTO E DE DISPOSIÇÃO DOS REJEITOS DA MINERAÇÃO USIMINAS S.A.

6. Declarações

7. Entidade de Classe
SINDICATO DE ENGENHEIROS NO ESTADO DE MINAS GEF

8. Assinaturas
 Declaro serem verdadeiras as informações acima
 Pelo Belos Horizontes de 07 de novembro de 2017
LEONARDO VIEIRA MARQUES RNP: 2603159267
MINERAÇÃO USIMINAS S.A CNPJ: 12.056.613/0001-20
 Valor da ART: 214,82
 Registrado em: 07/11/2017

9. Informações
 - A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.
 - A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.crea-mg.org.br ou www.confrea.org.br
 - A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.
 VALOR DA OBRA: R\$ 3.396.000,00. ÁREA DE ATUAÇÃO: MECANICA,
 www.crea-mg.org.br | 0800.0312732
 Nosso Número: 000000004069786



