

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - ICT
CAMPUS AVANÇADO DE POÇOS DE CALDAS**

MARINA LEMOS SILVEIRA

**DRENAGEM EM MINAS DE BAUXITA NA REGIÃO DE
POÇOS DE CALDAS**

Poços de Caldas/ MG

2014

MARINA LEMOS SILVEIRA

DRENAGEM EM MINAS DE BAUXITA NA REGIÃO DE POÇOS DE CALDAS

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de Alfenas, como requisito para obtenção do título de Engenharia de Minas.

Área de concentração: Lavra de Minas

Orientador: Prof. Artur Angelo Alcântara de Assis

Poços de Caldas/ MG

2014

S587d Silveira, Marina Lemos.

Drenagem em minas de bauxita na região de Poços de Caldas./Marina Lemos Silveira;

Orientação de Ms. Artur Ângelo Alcântara de Assis. Poços de Caldas: 2014.

31 fls.: il.; 30 cm.

Inclui bibliografias: f. 31

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de minas) –

Universidade Federal de Alfenas– Campus de Poços de Caldas, MG.

1. Bauxita. 2. Drenagem. 3. Mineração. I. Assis, Artur Ângelo Alcântara de (orient.).
 - II. Universidade Federal de Alfenas - Unifal.
 - III. Título.

CDD 553.4

MARINA LEMOS SILVEIRA

DRENAGEM EM MINAS DE BAUXITA NA REGIÃO DE POÇOS DE CALDAS

A banca examinadora abaixo assinada aprova a dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de engenharia de Minas pela Universidade Federal de Alfenas.

Área de concentração: Lavra de Minas

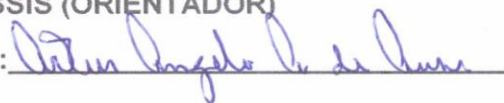
Orientador: Prof. Artur Angelo Alcântara de Assis

Aprovada em: 23/01/2014

PROF. ARTUR ANGELO ALCÂNTARA DE ASSIS (ORIENTADOR)

INSTITUIÇÃO: UNIFAL

ASSINATURA:



PROF. ÉRICLIS PIMENTA FREIRE

INSTITUIÇÃO: UNIFAL

ASSINATURA:



PROF. MARCO ANTONIO ALVES GARCIA

INSTITUIÇÃO: UNIFAL

ASSINATURA:



Poços de Caldas/ MG

2014

RESUMO

O estudo sobre drenagem em mineração vem sendo cada vez mais indispensável devido a sua importância na sustentabilidade e proteção ao meio ambiente, prevenção de acidentes, economia de perdas pela paralização das atividades e a viabilização da lavra. A região de Poços de Caldas, localizada no estado de Minas Gerais apresenta, entre outras atividades mineradoras, a extração de Bauxita, matéria prima para fabricação de alumínio. Para esta extração não se tem estudos específicos feitos para o controle das águas superficiais, sendo este controle feito na maioria das vezes de forma empírica. O presente trabalho é composto pela análise da forma como se é feita a drenagem em algumas minas de bauxita da região hoje e de um estudo de como possivelmente este sistema poderia ser feito, com embasamento teórico, de forma a se tornar mais seguro e de acordo com as exigências de sustentabilidade atuais.

Os principais elementos constituintes do sistema de drenagem nestas minas são as valetas, bacias de amortecimento e trincheiras de infiltração. A construção destes elementos, para que sejam realizados de forma segura, devem ser feitos através da avaliação de alguns fatores fundamentais como a série histórica das precipitações da região, as características do solo, a declividade do terreno e o tamanho da bacia hidrográfica de influência na região.

Palavras-chave: Drenagem. Lavra a céu aberto. Minas de Bauxita.

ABSTRACT

Studies on drainage in mining have been increasingly indispensable due to its importance in sustainability and environmental protection, accident prevention, economic losses by stoppage of activities and feasibility of mining. The region of Poços de Caldas, located in the state of Minas Gerais has the extraction of bauxite, the raw material for manufacturing aluminum. For this extraction does not have specific studies for the control of surface water, this control is done mostly empirically. This work consists of the analysis of how the drainage is done in some bauxite mines in the region nowadays and a study of how this system could possibly be done with theoretical foundation, in order to become safer and according with the requirements of current sustainability. The main constituents of these mine drainage system are the ditches (ou gutters), damping basins and infiltration trenches. The construction of these elements, to be performed safely, must be made through evaluation of some key factors such as time series of precipitation in the region, soil characteristics, slope of the terrain and the size of the river basin area of influence in the region, among others.

Keywords : Drainage. Open pit mining. Bauxite mines.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVO	8
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3.1 TIPOS DE SISTEMA DE DRENAGEM	10
3.1.1 Sistema de isolamento	10
3.1.2 Sistema de escoamento e acumulação	12
3.1.3 Sistema de Remoção.....	12
3.2 ELEMENTOS CONSTITUINTES DO PROCESSO DE DRENAGEM.....	13
3.3 DRENAGEM EM MINAS DE BAUXITA	15
4. METODOLOGIA	17
4.1 PRECIPITAÇÕES NA REGIÃO DE POÇOS DE CALDAS.....	20
4.2 DECLIVIDADE DO TERRENO.....	23
4.3 ÁREA DE INFLUÊNCIA.....	24
4.4 VAZÃO DO PROJETO.....	25
4.5 PRECIPITAÇÃO DE PROJETO.....	26
4.6 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (RUN-OFF)	27
4.7 CÁLCULO DA VAZÃO.....	28
4.8 DIMENSIONAMENTO DE VALETA	28
4.9 DIMENSIONAMENTO DE BACIA DE AMORTECIMENTO.....	29
5. CONCLUSÃO	31
REFERÊNCIAS	32

1. INTRODUÇÃO

Os bens minerais são essenciais a sobrevivência e a qualidade de vida almejada pela humanidade. Um empreendimento mineral traz inúmeros benefícios à comunidade, como o aumento da oferta de trabalho e renda, arrecadação de impostos, disponibilidade de bens e serviços entre outros, porém apresenta também pontos negativos principalmente em relação ao meio ambiente.

Uma das principais causas dos impactos ambientais decorrentes de atividades mineradoras que devem ser controladas durante toda existência de uma mina são as águas. Bem mineral este de suma importância para muitos processos e operações mineiras, mas também elemento que origina problemas e implica em custos adicionais importantes. Esses problemas ocorrem frequentemente, pois a mineração pode se desenvolver sob o nível freático e há também contribuição das águas superficiais e pluviais em maior ou menor intensidade.

Daí vem a necessidade da execução e controle das drenagens em minas, evitando a poluição dos recursos hídricos; desviar o escoamento excessivo que possa interferir no funcionamento da mina; controlar a erosão do local, limitando o escoamento de sedimentos que possam afetar negativamente os receptores de água e não causar danos ao fechamento da área de lavra. Nessas circunstâncias, produzem-se efeitos hidrológicos, ambientais e econômicos que impõem a gestão e o manejo adequado dessas águas.

2. OBJETIVO

Descrever como é realizada a drenagem em minas de bauxita na região de Poços de Caldas/MG atualmente. E propor uma metodologia que estuda os princípios e práticas para efetuação de drenagem de águas superficiais em minas de bauxita na região, a fim de controlar a poluição dos recursos hídricos, desviar o escoamento

excessivo que possa interferir no funcionamento da mina, evitar excessivo escoamento de finos, controlar a erosão do local e garantir seguro e eficiente fechamento da mina.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A bauxita é uma rocha, de aspecto terroso e opaco, encontrada mais comumente em regiões de clima tropical e subtropical, é um mineral importante no contexto industrial, pois através dela obtém-se o alumínio, sendo este o terceiro elemento mais abundante da crosta terrestre depois do oxigênio e do silício. O minério é composto de uma mistura de gibbsita $Al(OH)_3$, diásporo $AlO(OH)$ e boehmita $AlO(OH)$, esses são conhecidos como oxi-hidróxidos de alumínio e suas proporções na rocha variam muito entre os depósitos, a maioria das bauxitas economicamente aproveitáveis, possuem o teor de alumina (Al_2O_3) entre 50% e 55% e o teor mínimo para que ela seja aproveitável é da ordem de 30% (ANJOS E SILVA, 1983).

A Bauxita pode ser encontrada próximo à superfície variando de uma espessura média de 4,5 metros, coberta por solo e vegetação. Sua extração geralmente é realizada a céu aberto através do método de bancadas ou encosta, dependendo das condições topográficas do terreno. (DNPM, 2013).

Levando em conta o meio ambiente, a mineração apresenta impactos ambientais, os bens minerais são extraídos da crosta terrestre gerando uma profunda modificação na estrutura física do relevo. Um dos principais fatores causadores de degradação do meio físico é a falta de controle das águas superficiais e subterrâneas, realizado através de sistemas de drenagem.

Drenagem superficial é o ato de escoar as águas superficiais, provindas principalmente de precipitações, por meio de estruturas e instalações como tubos, túneis, canais, valas e fossos. Estes canais podem ser naturais ou artificiais e devem facilitar o escoamento das águas, ou seja, devem ser feitos de forma a manter ao máximo o caminho natural das águas.

3.1 TIPOS DE SISTEMA DE DRENAGEM

Os sistemas de drenagem de águas superficiais são divididos em três tipos principais: isolamento da exploração, sistemas de escoamento e acumulação e sistema de remoção. Basicamente, todos têm o intuito de impedir a entrada de água, minimizar seus efeitos (após sua entrada) ou retirá-la, respectivamente (BASTOS, 2013).

3.1.1 Sistema de isolamento

É um sistema de drenagem preventivo, cujo objetivo é impedir que a água chegue ao interior da cavidade da mina. Para isso constroem-se valas, drenos ou tubulações para evitar o escoamento da água (Figura 1) (BASTOS, 2013).

Esses elementos fazem com que a água escoe fora da área de exploração, normalmente bem próxima, e seja descarregada em uma superfície com cota mais baixa (depressão).

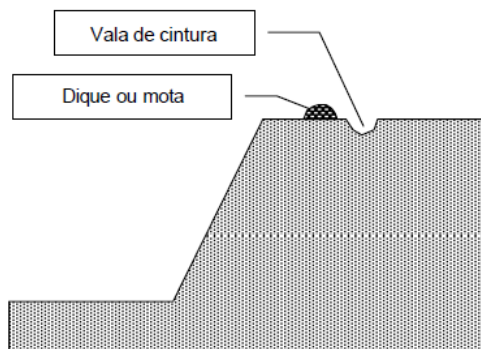


Figura 1: Esquema do sistema de isolamento exterior em perfil.

Fonte: BASTOS, 2013.

Definem-se, então, valas de cintura, limitadas internamente por diques de material impermeável, impedindo o galgamento da água quando situações anômalas (Figura 2) (BASTOS, 2013).

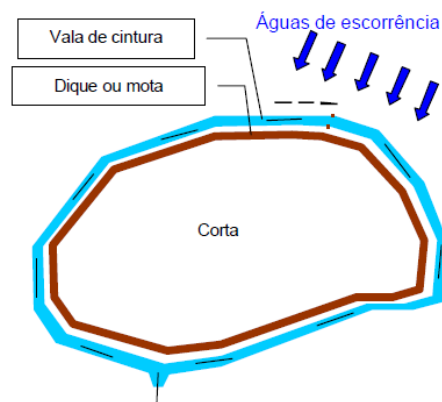


Figura 2: Esquema do sistema de isolamento exterior em planta.

Fonte: BASTOS, 2013.

Resumidamente este circuito consiste em captar a água nas valas de drenagem existentes em volta do perímetro da exploração, por onde são conduzidas por gravidade para uma depressão de modo a serem coletadas (Figura 3) (LNEG, 2013).

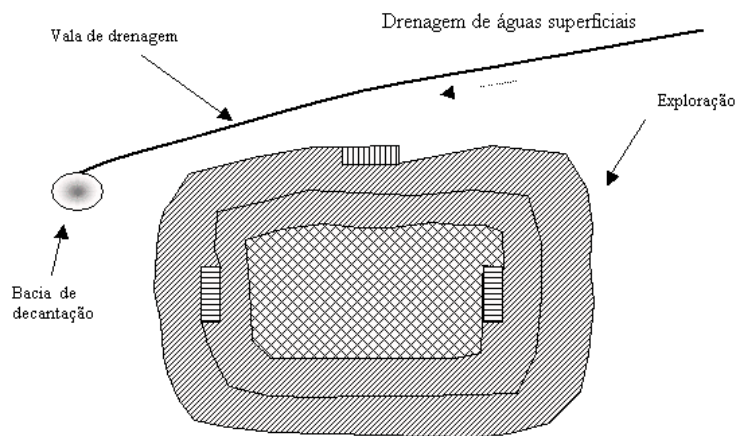


Figura 3: Sistema de drenagem por valas de drenagem na zona envolvente da área de exploração.

Fonte: LNEG, 2013.

Considerando os métodos de drenagem, este não pode ser descartado devido ao seu baixo custo de implantação (BASTOS, 2013). Sua eficiência aumenta (e isso ocorre com todos os métodos) quando são associados para realizar o desaguamento da água.

3.1.2 Sistema de escoamento e acumulação

Apesar do bom desempenho dos sistemas de isolamento, sempre há a entrada de água na cava, seja por precipitação ou fluxo subterrâneo (Figura 4).

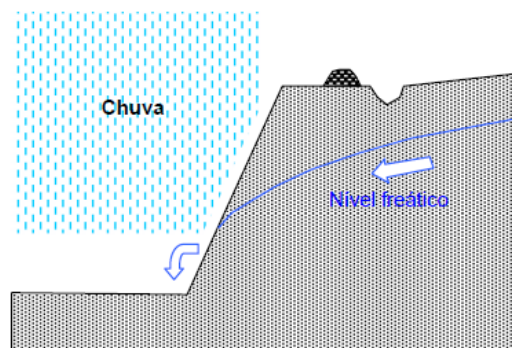


Figura 4: Fluxo de água para o corte.

Fonte: BASTOS, 2013.

Todos os sistemas de escoamento possuem a função de impedir que a água atrapalhe nos trabalhos de exploração e na segurança. Eles são construídos para conduzir a água para locais adequados, impedindo o acúmulo em locais inapropriados (BASTOS, 2013). Esse tipo de medida também possui suas vantagens nos aspectos ambientais, pois evitam erosão dos taludes naturais e de escavação, além de assoreamentos.

3.1.3 Sistema de Remoção

Para os sistemas de remoção existem duas alternativas: bombeamento ou descarga gravítica. Para implantação de ambos é preciso considerar fatores como configuração da cava, profundidade, topografia, etc. (BASTOS, 2013).

Em termos de custos o sistema de descarga gravítica é o mais econômica, pois não se usa qualquer tipo de energia para realizar o trabalho.

Quando existem cortes no talude há um método de remoção que consiste na coleta da água nas cotas mais baixas (Figura 5). Na zona A ocorre a drenagem por gravidade, ao passo que na zona B é preciso o sistema de bombeamento; caso esse

segundo método não seja colocado, a descarga passará a ser gravítica quando a zona B for inundada (BASTOS, 2013).

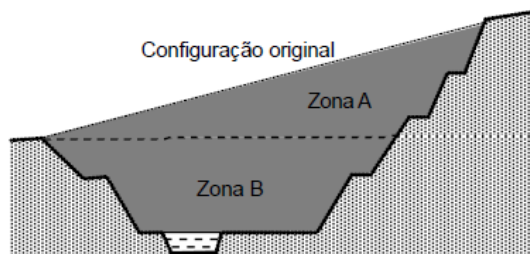


Figura 5: Esquema do escoamento de água num corte.

Fonte: BASTOS, 2013.

Esse tipo de método é corretivo e têm a função da eliminação das águas que não foram contidas pelas valas de drenagem, como as águas pluviais (Figura 6).

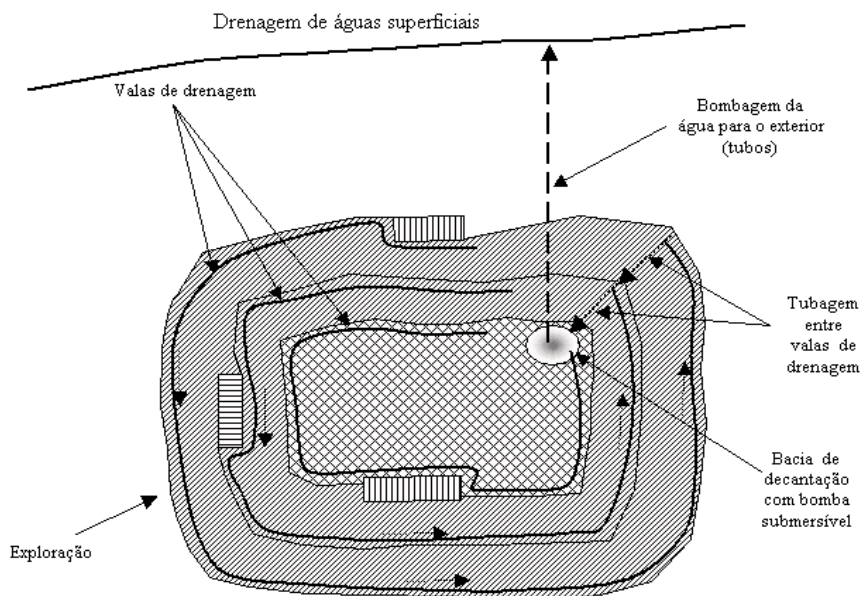


Figura 6: Sistema de drenagem por valas de drenagem nos patamares e no fundo da exploração.

Fonte: LGEN, 2013.

3.2 ELEMENTOS CONSTITUINTES DO PROCESSO DE DRENAGEM

Os principais elementos constituintes do processo de drenagem são:

- Valeta: canais que podem ser retangulares, triangulares ou trapezoidais que têm como objetivo interceptar as águas que escorrem pelo terreno natural a montante, impedindo-as de atingir o talude de corte. As valetas podem incorporar pequenas barragens de desaceleração que favorecem a infiltração e protegem contra erosão.

- Valas: são valetas de grande profundidade, são caracteristicamente obras de grande largura e baixa declividade no sentido longitudinal.

- Corta rios - canais de derivação executados para desviar pequenos cursos d'água. Têm a finalidade de retificar, ampliar, aprofundar ou desviar córregos ou arroios, quando necessários para uma melhor solução técnica da rodovia.

- Rápidos (descida d'água): são canais ou tubos fechados construídos nos taludes de corte ou aterro, geralmente em degraus. Sua finalidade é captar toda água das sarjetas e afastá-las do corpo da estrada.

- Bacia de Amortecimento: pequeno reservatório que armazena o excesso de vazão pluvial, dimensionado para a área contribuinte de um lote, destinado a amortecer o aumento de vazão.

- Diques de Amortecimento: são pequenas barragens executadas nas valetas, com a finalidade de diminuir a velocidade da água, quando o terreno for muito inclinado.

- Bueiros: são elementos de drenagem superficial construído transversalmente sob o leito das estradas, destinados a conduzir as águas provenientes de riachos, córregos, açudes ou bacias por elas cortados.

- Reservatório de detenção e retenção: são dispositivos utilizados para armazenar águas pluviais por um período tempo, reduzindo os problemas de enchentes durante as chuvas. O principal problema dos reservatórios de detenção é a manutenção após os eventos de chuva, no qual o escoamento superficial transporta todos os tipos de resíduos sólidos e sedimentos presentes na bacia.

- Trincheiras de infiltração: são estruturas lineares de grande comprimento. A geometria depende da infiltrabilidade do solo e da área disponível para que se proceda à infiltração. A função principal da trincheira de infiltração é a redução do escoamento, promover a recarga de aquíferos e promover o tratamento da água pelos meios de infiltração no solo.

- Poço de infiltração: são dispositivos pontuais que permitem a infiltração do escoamento superficial para dentro do solo. Pode ser estruturado por um preenchimento com brita (meio poroso).

- Deflúvio (ou escoamento) superficial: é a parcela do total precipitado que escoou sobre a superfície do terreno, já descontadas as perdas iniciais por infiltração, retenção vegetal e evaporação.

- Talvegue: é a linha sinuosa que se desenvolve no fundo dos vales, por onde correm as águas e que divide os planos de duas encostas.

3.3 DRENAGEM EM MINAS DE BAUXITA

A drenagem das águas é uma das operações auxiliares mais importantes na mina, e é indispensável que o gerenciamento das águas de superfície seja realizado em todas suas etapas, desde a fase de desenvolvimento até o fechamento.

A primeira das fases é o desenvolvimento da mina, o qual é definido como trabalho de abertura de uma jazida para as atividades de lavra, ou seja, a preparação da área para lavra. O acesso ao minério é obtido através do decapeamento da área, retirada do solo superficial juntamente com sua vegetação, a fim de expor o minério próximo a superfície para que seja possível a execução da lavra do minério. Nesta etapa é necessária a construção de valas de drenagem e na maioria das vezes poços de amortecimento e trincheiras de infiltração, pois a retirada da vegetação e movimentação de material da superfície afeta a dinâmica superficial do solo deixando-o instável para movimentação de água e propício a causar grande carreamento de finos, deslizamento de solo e/ou erosão.

A etapa de desenvolvimento antecede à exploração, entretanto, esta divisão não é cronologicamente definida, sendo na maioria das vezes o desenvolvimento realmente concluído somente quando a jazida é exaurida.

A fase de exploração é a fase da extração, produção ou lavra do bem mineral concomitantemente com a pesquisa mineral (amostragem, sondagem). A grande maioria das minerações continua fazendo pesquisa mesmo com a mina já no estado de lavra, isto se deve ao fato de que a medida que a extração vai sendo feita novos locais

para efetuação de pesquisa vão surgindo; o investimento na pesquisa e no desenvolvimento é muito grande para ser realizado por inteiro, sem retorno financeiro; ou caso o teor do material retirado não condizer com o estudado é necessária nova pesquisa e algumas vezes a lavra começa bastante tempo depois da pesquisa sendo necessária a confirmação dos furos de sondagem antigos.

Nesta fase algumas mudanças na drenagem são realizadas, principalmente por causa das modificações do relevo em relação à construção de bancadas para exploração do minério. As bermas devem ser construídas com uma leve inclinação direcionada para o pé da bancada anterior e na direção longitudinal, causando a drenagem por gravidade. Toda essa água juntamente com material fino drenado, devem ser conduzidos até uma vala principal de drenagem, para que seja direcionada, de forma segura, ao encontro do curso natural da água.

A fase final é o fechamento da mina, no qual é realizada a recuperação, conformação e revegetação da área minerada. Um plano de fechamento de mina deve ser realizado antes mesmo da abertura da mina, atendendo as exigências legais de sustentabilidade, levando em consideração as características ambientais, econômicas e sociais específicas de uma mina e de seu entorno, garantindo que a saúde e a segurança pública não sejam comprometidas no futuro.

Nesta fase também é de suma importância a realização de drenagens. Para que seja realizada a conformação do terreno, deixando-o apto a nova utilização, é necessária grande movimentação de material no local, retorno do top-soil estocado para auxílio na recomposição dos nutrientes do solo, compactação do material desagregado entre outras. Este cenário é instável e, portanto propício a ocorrências como erosões, carreamentos de finos, subsidência do terreno, acidentes estes evitados pela realização de uma boa drenagem na área.

A construção dos poços de contenção, valetas, trincheiras de infiltração entre outros elementos constituintes do sistema de drenagem, são baseados em fatores como as precipitações da região, características do solo, declividade do terreno, área hidrográfica de influência na região entre outros.

4. METODOLOGIA

Atualmente, em algumas minas de bauxita da região de Poços de Caldas, o controle das águas superficiais é feito de forma empírica, ou seja, através do conhecimento derivado de experiências cotidianas, que provém de tentativas, erros e acertos. Isto se deve pelo fato da extração de bauxita na região ser feita em diversas minas relativamente de pequeno porte (figura 7) simultaneamente, sem apresentar uma única cava principal.



Figura 7: Mina de bauxita na região de Poços de Caldas.

Fonte: BAREDES S.A

Nas minas visitadas para realização do presente trabalho, observou-se que o material proveniente do decapeamento da área é depositado ao redor do corpo de minério, formando leiras de proteção em torno da área a ser lavrada. Embora estas leiras tenham como função principal estocar o top-soil, também funcionam como dispositivo imediato de controle de drenagem, auxiliando no direcionamento da água. Esta é a drenagem principal da mina, construída na fase inicial desta e formada por valetas e poços de contenção, feitos em toda extensão da leira situada no sentido de declive do terreno. Os poços de contenção (figura 8) são feitos com a finalidade de minimizar a velocidade e conseqüentemente o impacto das águas que escoam,

sedimentar os materiais finos carregados e evacuar águas provinda das chuvas através da infiltração.



Figura 8: Poço de contenção em uma mina de bauxita na região de Poços de Caldas.

Na maioria das minas, na parte perpendicular do declive do terreno, são construídas trincheiras de infiltração, a fim de amortizar a velocidade das águas superficiais que escoam pelo terreno e pelas valetas. Há também trincheiras de infiltração ou valetas após as leiras de proteção estocadoras de top-soil (figura 9), estas são feitas a fim de se ter uma barreira de proteção extra para caso as drenagens internas da mina não sejam suficientes.



Figura 9: valeta construída após a leira de proteção formada por material provinda do top-soil.

Durante toda a lavra do mineral é necessário a limpeza dos poços e trincheiras, assim como a manutenção da profundidade das valetas.

Na fase de fechamento da mina é feita a remoldagem do terreno utilizando material do top-soil estocado e deixando o terreno de forma a ser revegetado. Nesta fase são construídas bacias de amortecimento espalhadas por toda a área da mina (figura 10). Estas bacias apresentam menor profundidade e maior diâmetro se comparada as bacias existentes durante a lavra, pois apesar de terem as mesmas finalidades estas deverão aos poucos sofrer assoreamento e se igualarem ao relevo.



Figura 10: bacia de amortecimento na fase de fechamento da mina.

Para que seja realizada a construção segura de sistemas de drenagens em minas de bauxita na região de Poços de Caldas-MG propõe-se avaliar alguns fatores fundamentais para o controle das águas superficiais da região e não deixar este controle ser efetuado de forma empírica. Estes fatores são: histórico das precipitações, declividade do terreno, o tamanho da área de influência, entre outros.

4.1 PRECIPITAÇÕES NA REGIÃO DE POÇOS DE CALDAS

Principalmente em regiões tropicais, como é o caso da maior parte do Brasil, é fundamental o estudo das precipitações sazonais por diversos setores. Para obter este controle utilizou-se dados diários de precipitação coletados pela estação meteorológica de uma empresa da região. Os devidos dados encontram-se nas tabelas 1, 2 e 3 abaixo, seguidas de seus respectivos gráficos.

Tabela 1: tabela contendo dados sobre as precipitações ocorridas no ano de 2011.

Mês / 2011	Total (mm)	Duração Máxima (min)	Intensidade Média (mm/h)	Intensidade Máxima (mm/h)
Junho	34	56	22,1	75
Julho	0	0	0	0
Agosto	22,5	62	15,7	30
Setembro	8,25	19	27,5	45
Outubro	179	206	17,7	60
Novembro	250	235	34,6	225
Dezembro	245	248	40,9	135

Fonte: estação meteorológica da região de Poços de Caldas.

Gráfico 1: gráfico do volume (mm) de precipitação durante os meses do ano de 2011.

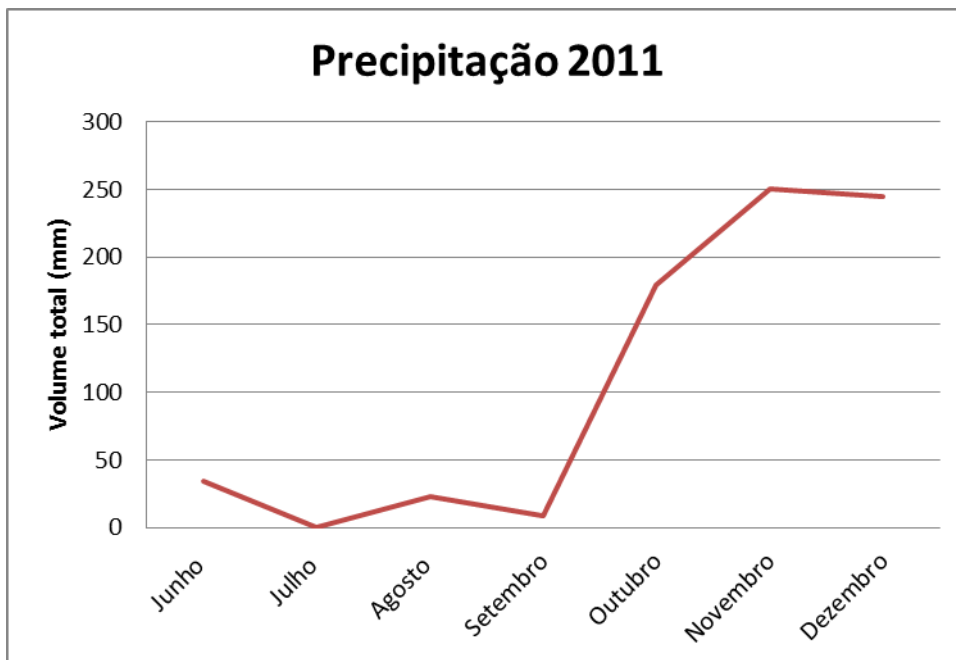


Tabela 2: tabela contendo dados sobre as precipitações ocorridas no ano de 2012.

Mês / 2012	Total (mm)	Duração Máxima (min)	Intensidade Média (mm/h)	Intensidade Máxima (mm/h)
Janeiro	236	202	27,1	120
Fevereiro	91,3	101	30,1	135
Março	126	83	19,9	90
Abril	183	161	30,8	105
Maiο	66,8	72	22	75
Junho	109	134	17,5	90
Julho	41,3	57	20,7	90
Agosto	0,5	1	15	15
Setembro	12,8	33	15,6	30
Outubro	52	64	22,5	60
Novembro	62,5	60	22,1	60
Dezembro	342	136	27,7	540

Fonte: estação meteorológica da região de Poços de Caldas.

Gráfico 2: gráfico do volume (mm) de precipitação durante os meses do ano de 2012.

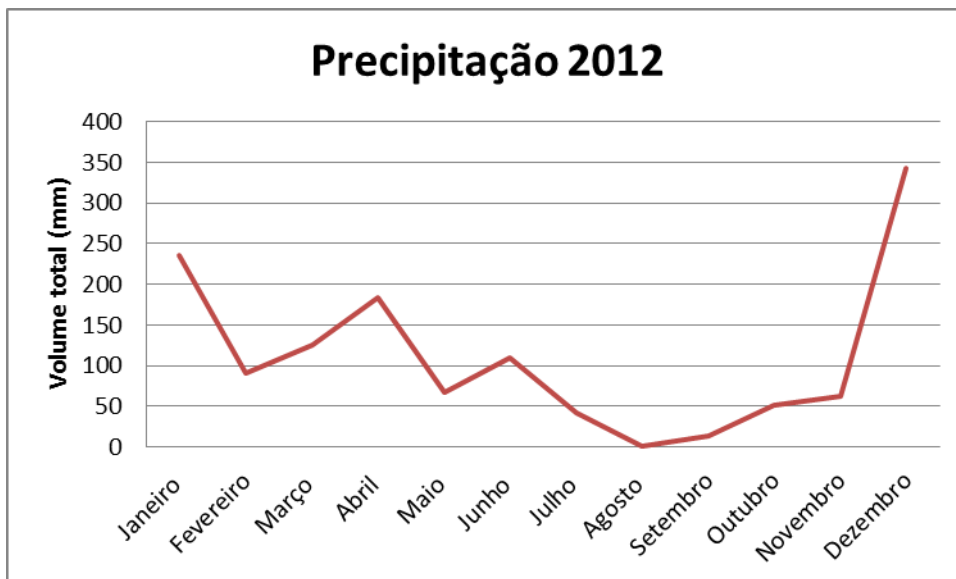
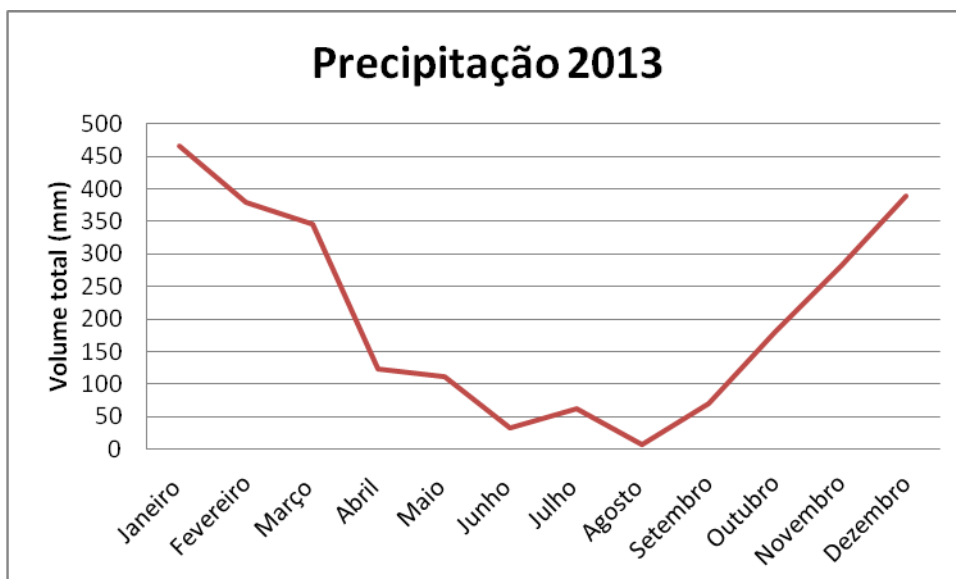


Tabela 3: tabela contendo dados sobre as precipitações ocorridas no ano de 2013.

Mês / 2013	Total (ml)	Duração Máxima (min)	Intensidade Média (mm/h)	Intensidade Máxima (mm/h)
Janeiro	465	254	45	165
Fevereiro	379,5	141	35,1	180
Março	345,3	129	38,6	150
Abril	123,5	83	35,5	180
Maio	110,5	130	19,6	150
Junho	33,25	61	16,4	75
Julho	63	100	25,3	90
Agosto	7	24	15	15
Setembro	71	128	18,3	45
Outubro	178,5	123	45	165
Novembro	280,75	252	48,7	120
Dezembro	388,75	103	37,5	165

Fonte: estação meteorológica da região de Poços de Caldas.

Gráfico 3: gráfico do volume (mm) de precipitação durante os meses do ano de 2013.



4.2 DECLIVIDADE DO TERRENO

A declividade de um terreno é a medida de inclinação do terreno; é a relação entre o valor do desnível de altura entre dois pontos no relevo e o valor da distância horizontal entre esses pontos. Esta declividade pode ser obtida através de aparelhos (clinômetro, níveis – ótico e a laser), de mapas e softwares.

No presente trabalho estudou-se o dimensionamento da drenagem superficial de uma mina específica da região de Poços de Caldas, a fim de exemplificar o dimensionamento. Entretanto este é um estudo que pode ser aplicado para outras minas de bauxita.

A declividade da mina estudada foi obtida utilizando mapa da região e um software de topografia (TopoEVN – figura 11). De acordo com a tabela 4, gerada pelo software, a inclinação do terreno adotada é de 20%.

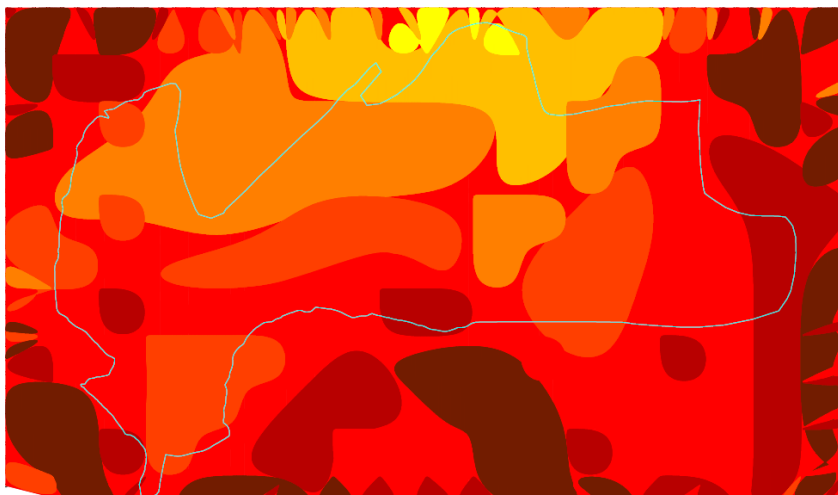


Figura 11: mapa de uma mina da região de Poços de Caldas utilizado para determinar a declividade do terreno, através do software TopoEVN.

Tabela 4: Declividade de uma mina de bauxita da região de Poços de Caldas, obtidos através do software de topografia TopoEVN.

Mapa de Declividade						
Cor	De (%)	Até (%)	Área m²	% m²	Superfície m²	% Sup
	0%	5%	640,000m ²	0,85%	640,704m ²	0,82%
	5%	10%	6.160,000m ²	8,16%	6.192,525m ²	7,92%
	10%	15%	13.500,000m ²	17,87%	13.644,874m ²	17,45%
	15%	20%	12.676,000m ²	16,78%	12.957,325m ²	16,58%
	20%	25%	18.888,000m ²	25,01%	19.519,590m ²	24,97%
	25%	30%	11.444,000m ²	15,15%	11.987,812m ²	15,34%
	30%	100%	12.220,000m ²	16,18%	13.229,456m ²	16,92%
Total	Total	Total	75.528,000m²			

4.3ÁREA DE INFLUÊNCIA

A área drenada é a área que vai influenciar no volume a ser drenado pelos elementos de drenagem a ser dimensionados. Esta área foi obtida por mapa através do AutoCAD (figura 12), e sua área é de 0,029 km².

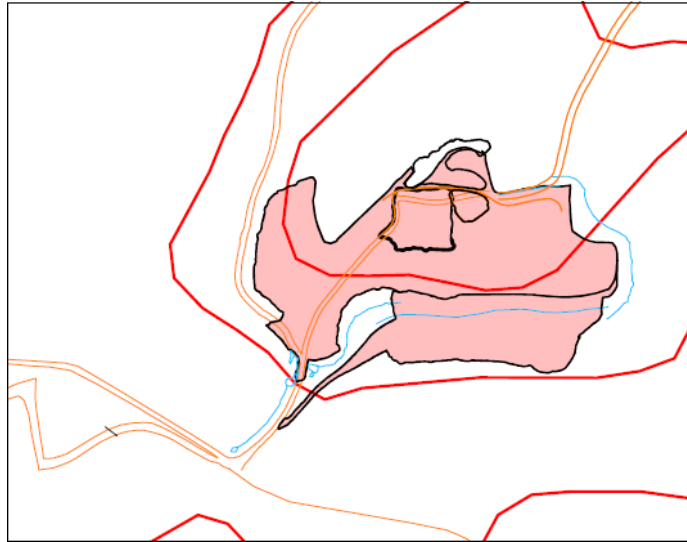


Figura 12: mapa da mina utilizado para cálculo da área de influência na drenagem.

4.4 VAZÃO DO PROJETO

Segundo o Manual Prático de Drenagem do Instituto Militar de Engenharia, selecionou-se o método racional para o cálculo das drenagens em estudo, este método é indicado para drenagem superficial e para pequenas bacias de contribuição (até 10km²). De acordo com ele a vazão (Q – m³/s) é calculada pela equação 1 abaixo.

$$Q = \frac{C.i.A}{3,6} \quad (1)$$

Onde:

i – intensidade (mm/h), com duração t_c ;

A – área drenada (Km²);

C – coeficiente de deflúvio – tabelas 6 e 7.

4.5 PRECIPITAÇÃO DE PROJETO

Para se determinar a intensidade da chuva do projeto, deve-se considerar o tempo de recorrência (Tr) e a duração da chuva de projeto. Segundo o Manual Prático de Drenagem do Instituto Militar de Engenharia, a equação geral para precipitação de projeto (equação 2) é:

$$i = \frac{aTr^n}{(t+b)^m} \quad (2)$$

Onde:

i – intensidade em mm/h;

Tr – tempo de recorrência em anos;

t – duração da precipitação em minutos;

a e b – parâmetros locais;

m e n – expoentes locais.

Através do software Plúvio 2.1, desenvolvido pelo grupo de pesquisa em recursos hídricos da Universidade Federal de Viçosas, obteve-se os valores para as constantes a , b , m e n , para a cidade de Poços de Caldas. Estes foram de 1012; 10,37; 0,797 e 0,2 respectivamente.

Os valores das intensidades (i) foram calculados e estão expressos na tabela 5 abaixo.

Tabela 5: valores das intensidades (i), com diferentes valores de t e Tr .

t / Tr	5	10
10	126,389	145,183
15	106,104	121,881
20	91,932	105,602
25	81,416	93,523

4.6 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (RUN-OFF)

O valor do coeficiente de deflúvio ou coeficiente de escoamento superficial (C – Run-off) é escolhido através de tabelas (como as tabelas 6 e 7) elaboradas com base nas características da bacia hidrográfica, ou da área de drenagem. Com o aumento da intensidade da precipitação, a infiltração e armazenamento não são o mesmo e o coeficiente C deve aumentar.

Tabela 6: Valores de C (coeficiente de run-off) recomendados pela ASCE.

Superfície	Coeficiente de run-off (C)	
	Intervalo	Valor Esperado
Pavimento		
Pavimento	0,70 - 0,95	0,83
Asfalto	0,80 - 0,95	0,88
Concreto	0,75 - 0,85	0,80
Calçadas, Telhado	0,75 - 0,95	0,85
Cobertura: Grama Solo Arenoso		
Pequena Declividade	0,05 - 0,10	0,08
Declividade Média	0,10 - 0,15	0,13
Forte Declividade	0,15 - 0,20	0,18
Cobertura: Grama Solo Pesado		
Pequena Declividade	0,13 - 0,17	0,15
Declividade Média	0,18 - 0,22	0,2
Forte Declividade	0,25 - 0,35	0,3

Fonte: American Society of Civil Engineers, ASCE (1969).

Tabela 7: Valores de C (coeficiente de run-off) recomendados pela UFG.

Natureza da Superfície	Valores de C
Telhados perfeitos, sem fuga	0,70 a 0,95
Superfícies asfaltadas e em bom estado	0,85 a 0,90
Pavimentações de paralelepípedos, ladrilhos ou blocos de madeira com juntas bem tomadas	0,75 a 0,85
Para as superfícies anteriores sem as juntas tomadas	0,50 a 0,70
Pavimentações de blocos inferiores sem as juntas tomadas	0,40 a 0,50
Estradas macadamizadas	0,25 a 0,60
Estradas e passeio de pedregulho	0,15 a 0,30
Superfícies não revestidas, pátios de estrada de ferro e terrenos descampados	0,10 a 0,30
Parques, jardins, gramados e campinas, dependendo da declividade do solo e natureza do subsolo	0,01 a 0,20

Fonte: Departamento de Engenharia Civil/Universidade Federal de Goiás.

4.7 CÁLCULO DA VAZÃO

Com estes dados é possível calcular o valor da vazão, utilizando a equação 1. A tabela 8 abaixo foi feita com os correspondentes valores da intensidade mostrados na tabela 5 acima, área de contribuição de $0,029\text{km}^2$ e coeficiente de deflúvio de 0,2, obtido de acordo com as tabelas 6 e 7 acima.

Tabela 8: valores de vazão para o presente estudo.

t / Tr	Q (m ³ /s)	
	5	10
10	0.204	0.234
15	0.171	0.196
20	0.148	0.170
25	0.131	0.151

4.8 DIMENSIONAMENTO DE VALETA

Adotando o formato das valetas já existentes em algumas minas da região, utilizou-se a equação de valetas com secção retangular, segundo o Manual Prático de

Drenagem do IME, para efetuar o dimensionamento da valeta, equação 3 abaixo. Utilizando os valores da vazão (tabela 8), e adotando três possíveis medidas para a base da valeta (baseadas nas valetas já existentes nas minas visitadas) de 0,5; 0,8 e 1,0 metros, construiu-se a tabela 9, com os possíveis valores da altura da valeta.

$$h_c = \sqrt{\left(\frac{Q}{B}\right)^2} \quad (3)$$

Onde:

h_c – altura crítica, em m;

Q – vazão de projeto, em m³/s;

B – base da valeta, em m;

Tabela 9: possíveis valores para altura da valeta.

Q(m ³ /s)	Base da valeta (B - m)		
	0.5	0.8	1
0.204	0.41	0.25	0.20
0.171	0.34	0.21	0.17
0.148	0.30	0.19	0.15
0.131	0.26	0.16	0.13
0.234	0.47	0.29	0.23
0.196	0.39	0.25	0.20
0.170	0.34	0.21	0.17
0.151	0.30	0.19	0.15

4.9 DIMENSIONAMENTO DE BACIA DE AMORTECIMENTO

As bacias de amortecimento são construídas com a finalidade de evacuar as águas pluviais por infiltração, minimizar a vazão e a velocidade de escoamento da água, evitar erosões e sedimentar os materiais finos que foram carregados pela água.

Para o dimensionamento da bacia de amortecimento utilizou os dados da vazão expressos na tabela 8 e através destes valores calculou-se o volume esperado para o maior t expresso na tabela 5, ou seja, 25 minutos. O volume encontrado foi dividido para 6 bacias (tabela 10), pois considerando que a área em estudo tem 150 metros de comprimento, faz-se uma bacia a cada 25 metros.

Segundo o Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal de Lavras, as bacias de formato circulares têm o volume definido pela equação 4 abaixo.

$$\text{Vol} = \pi p^2 (r - p/3) \quad (4)$$

Onde:

p – profundidade da bacia em m;

r - raio da bacia:

Os valores de profundidade e raio da bacia encontrada estão na tabela 10, juntamente com os respectivos valores de vazão e de volume.

Tabela 10: dados do dimensionamento da bacia de amortecimento.

Q (m3/s)	Volume (m3)	Volume para 6 Bacias	Profundidade (m)	Raio (m)
0.204	305.44	50.907	1.984	4.781
0.171	256.42	42.736	1.871	4.510
0.148	222.17	37.028	1.784	4.300
0.131	196.76	32.793	1.713	4.129
0.234	350.86	58.476	2.078	5.007
0.196	294.55	49.091	1.960	4.724
0.170	255.20	42.534	1.869	4.503
0.151	226.01	37.669	1.794	4.324

5. CONCLUSÃO

A drenagem em minas de bauxita na região de Poços de Caldas é feita de forma empírica, porém com anos de experiência e prática dos profissionais que trabalham na região. Os resultados encontrados para o dimensionamento de valetas e bacias de amortecimento em uma mina na região mostra que apesar da drenagem ter sido feita de forma empírica os resultados encontrados são coerentes com as construções existentes nas minas da região.

Porém a drenagem é de fundamental importância na mineração para controlar os sistemas de águas superficiais e subterrânea evitando possíveis acidentes ambientais e inundação da frente de trabalho na mina. De acordo com sua importância, a drenagem deve ser estudada, analisada e dimensionada antes de ser construída e nunca ser feita de forma empírica.

6. REFERÊNCIAS

American Society of Civil Engineers Fellows Collection, 1929-1969. Disponível em: <<http://siris-archives.si.edu/>> Acesso em: 22 ago. 2013.

ANJOS, F. V. e SILVA, J. B. (1983). **As usinas de produção de alumínio da ALCAN no Brasil – processo Bayer para produção de alumina e os processos eletrolíticos para a produção de alumínio**. In: As usinas brasileiras de metalurgia extrativa dos metais não-ferrosos, ABM, São Paulo.

BAREDES S.A. Disponível em: <http://www.baredessa.com.ar/grupoCurimbaba_po.html> Acesso em: 17 set. 2013.

Bastos, Mário J. N., **Aspecto Sobre Sistema de Drenagem em Pedreiras a Céu Aberto**. Visa Consultores / Março 2000.

Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Goiás – UFG. Disponível em: <<http://www.eec.ufg.br/>> Acesso em: 22 ago. 2013.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (**DNPM**). Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br>> Acesso em: 20 de agosto de 2013.

IME – INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA. Cel Paulo Roberto Dias Morales. **Curso de Drenagem Urbana e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro/2003.

Lima, José M.; Oliveira, Geraldo C.; Melo, Carlos R.; **CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA**. Universidade Federal de Lavras/Departamento de Ciência do Solo/2010.

LNEG (Portugal). **Regras de Boa Prática no Desmonte a Céu Aberto (1999)**. Disponível em: <http://www.lneg.pt/CienciaParaTodos/edicoes_online/diversos/boa_pratica/texto>. Acesso em: 08 jul. 2013.

Software Plúvio 2.1. **Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos**. Universidade Federal de Viçosas. Disponível em: <<http://www.gprh.ufv.br/>> Acesso em: 21 ago. 2013.