



Abril 2017 - ISSN: 1988-7833

## **ESTUDO DE CASO, GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM UM AREAL: AREAL GIRAU EM ITABIRA – MG/BRASIL**

**Júnia Soares Alexandrino<sup>1</sup>**

Universidade do Estado de Minas Gerais – Minas Gerais, Brasil

**Adriano José de Barros<sup>2</sup>**

Universidade do Estado de Minas Gerais – Minas Gerais, Brasil

**Stephan Infanti Constantino<sup>3</sup>**

Universidade do Estado de Minas Gerais – Minas Gerais, Brasil

**Thiago Andrade Duarte<sup>4</sup>**

Universidade do Estado de Minas Gerais – Minas Gerais, Brasil

**Fernanda da Fonseca Diniz<sup>5</sup>**

Universidade do Estado de Minas Gerais – Minas Gerais, Brasil

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Júnia Soares Alexandrino, Adriano José de Barros, Stephan Infanti Constantino, Thiago Andrade Duarte y Fernanda da Fonseca Diniz (2017): "Estudo de caso, gestão dos recursos hídricos em um areal: Areal Girau em Itabira – MG/Brasil", Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales, (abril-junio 2017). En línea:

<http://www.eumed.net/rev/cccss/2017/02/areal-girau-itabira.html>

### **RESUMO**

O cuidado com os recursos hídricos é fator fundamental para um desenvolvimento sustentável. No empreendimento mineiro, sua gestão não está somente ligada aos problemas ambientais, mas também com a continuidade do processo e a segurança do trabalho. Por isso, para que haja uma operação eficiente, é necessário o controle e monitoramento de todas as águas que de alguma forma impactam ou são impactadas pela atividade minerária. O presente estudo se propõe a analisar a gestão dos recursos hídricos aplicada a um areal localizado em Itabira-MG, Brasil. Dentro do estudo encontra-se a caracterização hidrológica do areal, de forma a explicitar as áreas integrantes, o sistema de drenagem planejado existente e as preocupações ambientais em relação ao retorno da água ao ambiente.

**Palavras Chave:** Gestão Hídrica - Areal - Drenagem.

### **SUMMARY**

Care with water resources is a key factor for sustainable development. In the mining enterprise, its management is not only linked to environmental problems, but also to the continuity of the process and work safety. Therefore, for an efficient operation, it is necessary to control and monitor all waters that in any way impact or are impacted by the mining activity. The present study proposes to analyze the management of water resources applied to an area located in Itabira-MG, Brazil. Within the study is the hydrological characterization of the sand, in order to explain the integrating areas, the existing planned drainage system and the environmental concerns regarding the return of water to the environment.

**Keywords:** Water Management - Areal - Drainage.

<sup>1</sup> Doutorado em Tecnologia Mineral pela UFMG, professora UEMG. E-mail: [juniaalexandrino@yahoo.com.br](mailto:juniaalexandrino@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Mestre em Educação e Desenvolvimento Local, professor UEMG. E-mail: [adrianojosebarros@yahoo.com.br](mailto:adrianojosebarros@yahoo.com.br).

<sup>3</sup> Graduado em Engenharia de Minas. E-mail: [stephanconstantino@msn.com](mailto:stephanconstantino@msn.com)

<sup>4</sup> Graduado em Engenharia de Minas. E-mail: [tavds@yahoo.com.br](mailto:tavds@yahoo.com.br)

<sup>5</sup> Pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, professora UEMG. E-mail: [fernanda.fda@hotmail.com](mailto:fernanda.fda@hotmail.com)

## RESUMEN

El cuidado de los recursos hídricos es un factor clave para el desarrollo sostenible. En la empresa minera, su gestión no sólo se vincula los problemas ambientales, sino también la continuidad de la seguridad de los procesos y el trabajo. Por lo tanto, el propósito de la operación eficiente, es necesario controlar y supervisar todas las aguas que de alguna manera afectan o son afectados por la actividad minera. Este estudio tiene como objetivo analizar la gestión de los recursos hídricos aplicados a una playa de arena situada en Itabira, Minas Gerais, Brasil. Del estudio es la caracterización hidrológica de la arena, con el fin de aclarar las áreas de los miembros, el sistema de drenaje existente y planificada preocupaciones ambientales en relación con el retorno del agua al medio ambiente.

**Palabras Clave:** Gestión del agua - Areal - Drenaje.

---

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil notadamente é conhecido por seus recursos naturais, e essa característica coloca o país entres os grandes produtores de minério no mundo. A mineração é considerada uma das principais áreas da economia nacional, gerando grandes receitas, porém, devido ao porte das operações, são necessários grandes investimentos. Para garantir a continuidade do processo e executar as etapas de produção com eficácia e segurança é necessário que os recursos hídricos disponíveis no local sejam controlados e monitorados. Dentro de um empreendimento mineiro esses recursos estão presentes em toda a área cuja a concessão de lavra se refere e na área diretamente afetada à exploração.

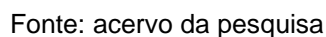
Este trabalho abordará a gestão dos recursos hídricos em um areal localizado na cidade de Itabira-MG no Brasil, figura 1, em área denominada “Água Quente”. O empreendimento é pertencente a empresa “Água Quente Mineração Agropecuária e Eco Turismo Ltda.” Levando em consideração a importância de uma boa gestão, quais os procedimentos e informações são necessárias para realizar o manejo das águas de modo que o desenvolvimento do areal não seja afetado?

Um manejo eficiente é possível a partir do conhecimento da hidrologia e geologia local, e posterior construção de um sistema de drenagem e monitoramento das águas da área do processo.

O objetivo do estudo é caracterizar e discutir as práticas necessárias para uma gestão eficiente da água, bem como, apresentar os métodos de controle, evidenciar os locais integrantes do sistema de drenagem, avaliar os impactos no processo, e a correlação entre os métodos pesquisados e o caso apresentado.

Para o desenvolvimento deste estudo de caso foi consultada bibliografia referente ao tema visando definir tecnicamente os conceitos abordados. Correlacionando a revisão bibliográfica com os dados obtidos no empreendimento, foi possível a realização de uma pesquisa descritiva, quantificando e qualificando características do sistema de gestão.

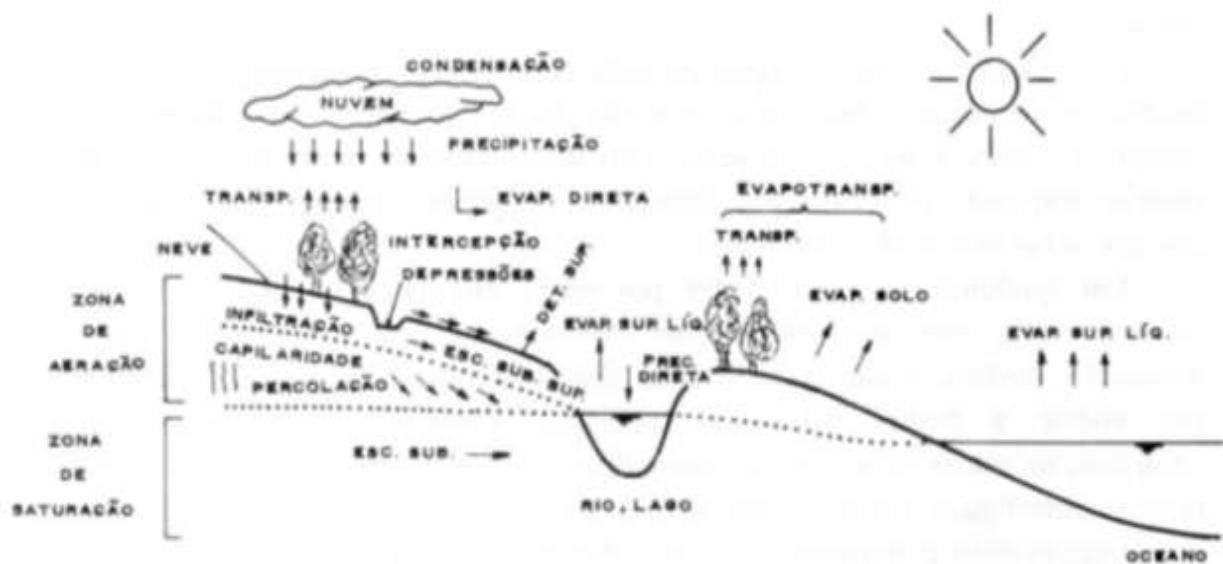
Município de Itabira - Minas Gerais



Segundo Tucci e Silveira (2012) a hidrologia, caracterizada com ciência, se estabeleceu a partir da segunda metade do século 20. Isso se deu, principalmente, ao fato de que a partir deste período houve uma crescente preocupação com a utilização e preservação das bacias hidrográficas.

O ciclo hidrológico compreende a movimentação das águas e a interação que ocorre no ambiente atmosférico e terrestre. Esse processo fundamentalmente é observado em dois sentidos. O primeiro ocorre quando o fluxo da água, em forma de vapor, segue da superfície terrestre em direção à atmosfera devido à evapotranspiração. O segundo ocorre no sentido contrário, da atmosfera à superfície terrestre em decorrência majoritariamente de precipitações (Tucci e Silveira, 2012). Segundo o mesmo autor (2012), o ciclo hidrológico só pode ser considerado um sistema fechado em nível global, pois os volumes evaporados em um determinado local do planeta não precipitam no mesmo local, devido as diferentes dinâmicas atmosféricas e meteorológicas. Quando se trata, então, de menores áreas de interesse deve ser assumir características de um ciclo aberto. Na Figura 2, pode-se observar um esquema em que estão representadas as partes integrantes do ciclo.

**Figura 2: Representação do ciclo hidrológico**



Fonte: Silveira (2012)

Os mais variados estados da água são observados no ciclo hidrológico. Pode se considerar como o principal deles o vapor, que sob determinadas condições é condensado na atmosfera e agrupado em micro gotículas de água, formando as nuvens. Quando essas gotículas são expostas a condições específicas, como a ascensão das massas de ar e convecção térmica, o resultado é a precipitação em forma de chuva. Caso a precipitação atravessasse zonas de temperaturas negativas, pode haver a formação de gelo ou neve (TUCCI e SILVEIRA, 2012).

Nem todo o volume precipitado atinge a superfície terrestre. Durante o percurso parte evapora e retorna a atmosfera e parte é retida em folhas e caules de onde também evapora em um processo chamado de interceptação. A parcela que atinge a superfície é absorvida por infiltração até o ponto em que ocorre saturação do solo. A partir daí o volume excedente inicia o processo de escoamento superficial. A água infiltrada percola os espaços vazios do solo, abastecendo e dando origem a lençóis freáticos (PINTO, 1976).

Durante o percurso de escoamento das águas, ocorre o carreamento de partículas de solo, podendo ocasionar erosões, com mais intensidade em locais desprovidos de vegetação. O caminho que será percorrido pelas águas superficiais será ditado pela ação da gravidade, seguindo em direção a regiões topográficas mais baixas. Serão atingidos primeiramente menores cursos de água e seguindo até mares, lagos e oceanos (SILVEIRA, 2012). Uma região em que existe a drenagem das águas para um conjunto específico de rios e outros afluentes é denominada como bacia hidrográfica e pode ser conceituada como sendo uma área definida e fechada topograficamente em um ponto do curso de água, de forma que toda vazão afluente possa ser medida ou descarregada através desse ponto (GARCEZ; ALVAREZ, 1988).

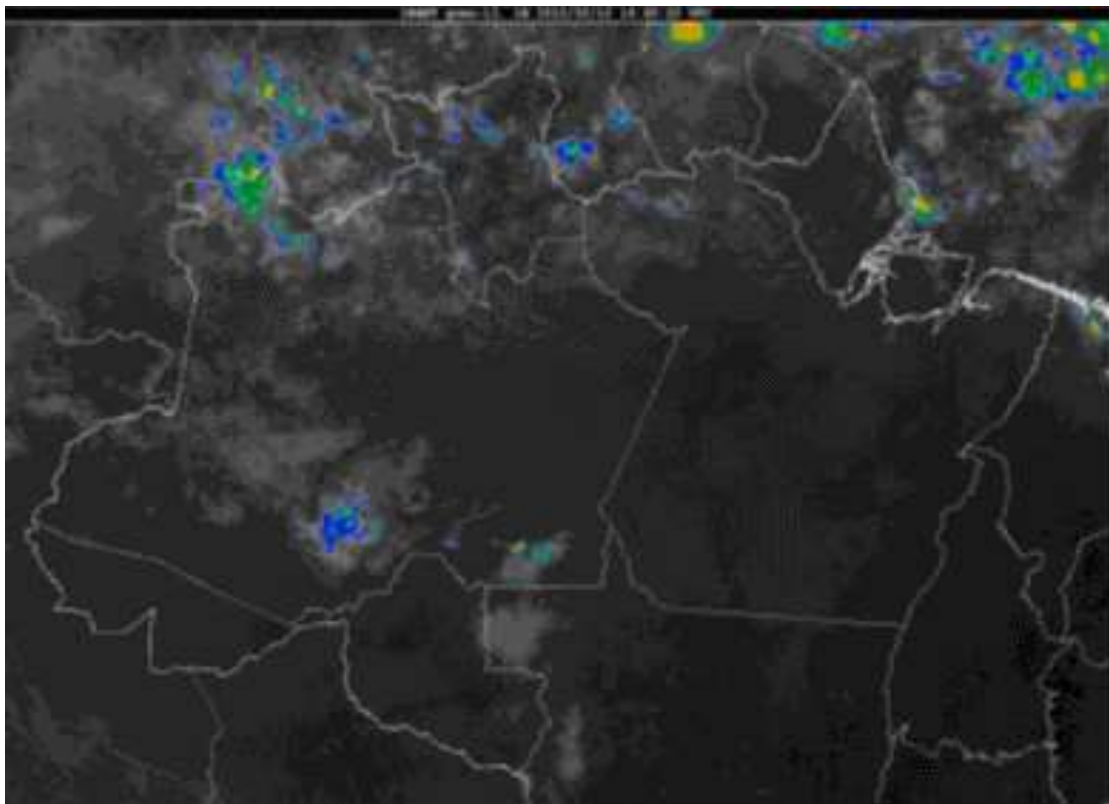
Uma região em que existe a drenagem das águas para um conjunto específico de rios e outros afluentes é denominada como bacia hidrográfica e pode ser conceituada como sendo uma área definida e fechada topograficamente em um ponto do curso de água, de forma que toda vazão afluente possa ser medida ou descarregada através desse ponto.

## **1.2 Radar Meteorológico e Satélite**

Segundo Vasconcelos et. al (2012) o radar e o satélite possuem grande vantagem em uma medição volumétrica da precipitação se comparados as redes pluviométricas. Isso se deve ao alto nível de detalhamento sobre a dispersão espacial dos níveis precipitados. A região coberta é infinitamente maior, por isso ambos são aplicados em trabalhos de maior escala. Eles são denominados métodos de sensoriamento remoto, e enquanto os satélites permitem a observação do deslocamento das grandes massas na atmosfera, os radares conseguem registrar as precipitações dentro de um raio de cerca de 180 km. Essa capacidade de observar eventos meteorológicos em escala global permitiu que se realizasse determinações muito mais precisas do funcionamento das dinâmicas climáticas. Os satélites meteorológicos estão posicionados em vários pontos do espaço, e podem apresentar diferentes órbitas, que variam de acordo com suas áreas de atuação. A altitude

para estudo meteorológico gira em torno de 36.000 quilômetros, altura que possibilita ao satélite manter-se posicionado sempre para uma mesma região. A partir da obtenção de imagens em alta resolução é possível acompanhar o deslocamento de nuvens e de massas quentes e frias. No Brasil os sistemas de satélites mais utilizados para obtenção de dados são: o europeu METEOSAT e o norte-americano GOES (FLORENZANO, 2008). Os radares operam de maneira diferente dos satélites. Seu posicionamento se dá em solo terrestre, e quase sempre está atrelado a existência de uma estação meteorológica. A vantagem do radar sobre os satélites é que o nível precisão da localização e do volume de precipitação em uma determinada região é ainda mais alta. Devido a isso existe uma preferência aos dados de radar para a quantificação de precipitações, e já o satélite é mais utilizado no acompanhamento das movimentações de massas. Segundo o Oliveira (2003) a utilização de um radar substitui cerca de 32.400 postos pluviográficos, e cobre uma área de até 150.000 km<sup>2</sup>. A figura 3, em que está representada a região norte do Brasil, exemplifica a grande abrangência de um sistema de satélite.

**Figura 3: Região norte do Brasil (Satélite GOES) com temperatura das nuvens representada em tonalidades variantes**



Fonte: INMET (2016)

## **2. METODOLOGIA**

O presente trabalho apresenta um estudo de caso cujos objetivos são caracterizar e discutir as práticas necessárias para uma gestão eficiente das águas. Para que os objetivos propostos sejam cumpridos, optou-se por realizar uma pesquisa qualitativa. Segundo Miguel (2010) a pesquisa qualitativa se preocupa com a compreensão das variáveis de um evento, e não com a frequência de ocorrência.

O método do estudo de caso encaixa-se como uma abordagem qualitativa e é frequentemente utilizado para coleta de dados na área de estudos de organizações, entre as vantagens da utilização do estudo de caso podemos citar a oportunidade de se desenvolverem novas teorias, além de aprofundar a compreensão de eventos reais e contemporâneos (CAUCHICK, 2010).

Foi definido como objeto do estudo a empresa Água Quente Mineração Agropecuária e Eco Turismo Ltda. A coleta de dados foi realizada em agosto e setembro de 2015, período em que o pesquisador realizou atividade de estágio no empreendimento. Além dos dados coletados diretamente na empresa, foi realizada pesquisa bibliográfica e análise documental visando definir tecnicamente os conceitos abordados. A correlação entre a consulta bibliográfica e os dados obtidos no empreendimento, permitiu o desenvolvimento de um estudo, quantificando e qualificando características do sistema de gestão.

## **3. ESTUDO DE CASO**

O presente estudo de caso refere-se ao empreendimento minerário da empresa Água Quente Mineração Agropecuária e Eco Turismo Ltda., localizado na área denominada “Água Quente”, no Município de Itabira, Estado de Minas Gerais, Brasil. Figura 4.

Para sua elaboração, tomou-se como base os dados coletados no empreendimento e outros fornecidos pela empresa.

A atividade realizada no local é caracterizada pela lavra e beneficiamento de rochas quartzíticas, destinados à produção de areia quartzosa, para uso na indústria da construção civil em geral. A escala média de produção é de 100.000 m<sup>3</sup>/ano, equivalente a 228.000 t/ano. Os produtos gerados são areia grossa, fina e ultrafina.

Na figura 4, pode-se observar a frente de lavra onde é realizado a extração do material.



**Figura 4: Frente de lavra – Areal Girau**



Fonte: Pesquisa Documental (2016)

A figura 5 apresenta as áreas de limitantes dos processos que compreendem o empreendimento.



**Figura 5: Área dos dois processos de extração representados pelas poligonais azul e amarela**



Fonte: Google Earth (2016)

O acesso à área pode ser feito, partindo-se de Itabira, inicialmente pela rodovia estadual asfaltada MG-120, percorrendo-a por cerca de nove quilômetros, até a estrada de terra que leva ao local conhecido como Água Quente, a três quilômetros, onde se situa o jazimento objeto deste estudo.

O empreendimento teve seu início no ano de 2001, quando foi obtida junto à Prefeitura Municipal de Itabira a licença para a extração de areia. Posteriormente houve o registro no Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), quando então se obteve o número de processo. Desde o ano de 2001, a atividade no local vem se desenvolvendo de forma

praticamente ininterrupta, produzindo-se areia quartzosa para uso imediato na construção civil para atendimento do mercado regional.

De acordo com a Carta Geológica de Itabira, nos terrenos que abrangem a área focalizada no presente estudo, à nordeste de Itabira, afloram predominantemente litologias atribuídas ao Complexo Guanhães, de idade arqueana. Ele está representado no local de interesse por anfibolitos, xistos metapelíticos, gnaisses bandados, quartzitos, xistos máficos e ultramáficos, e metagrauvacas (PADILHA et al., 2000).

O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, pode ser enquadrado como temperado úmido, denotado pela sigla 'Cwa'. Este perfil climático é caracterizado pela existência de duas estações bem definidas, uma estação fria e seca, com duração de quatro a cinco meses (outono e inverno), e uma estação quente e chuvosa (primavera e verão) (TERASSI, 2015).

O Balanço Hídrico elaborado a partir dos dados coletados na estação meteorológica de Itabira, representado na tabela 1, mostra a precipitação média anual do município, aproximadamente 1500 mm (NIMER e BRANDÃO, 1989).

O empreendimento Água Quente Mineração localiza-se no município de Itabira - MG, o qual se encontra inserido no âmbito de duas bacias regionais. A porção sul do município encontra-se inserida na Bacia do Rio Piracicaba (D02), enquanto a porção norte insere-se na Bacia do Rio Santo Antônio (D03).

**Tabela 1 Parâmetros hidrológicos de Itabira – MG**

<b>Parâmetros Hidrológicos Regionais</b>	
Precipitação Média Anual (PRE)	1.508,8 mm
Evapotranspiração Potencial (EP)	901,1 mm
Precipitação Efetiva (PEF = PRE - EP)	608 mm
Evapotranspiração Real (ER)	821 mm
Excedente Hídrico (novembro a março: EXC = PRE - ER)	688 mm
Déficit Hídrico (maio a setembro: DEF = EP - ER)	80 mm

Fonte: Nimer & Brandão (1989)

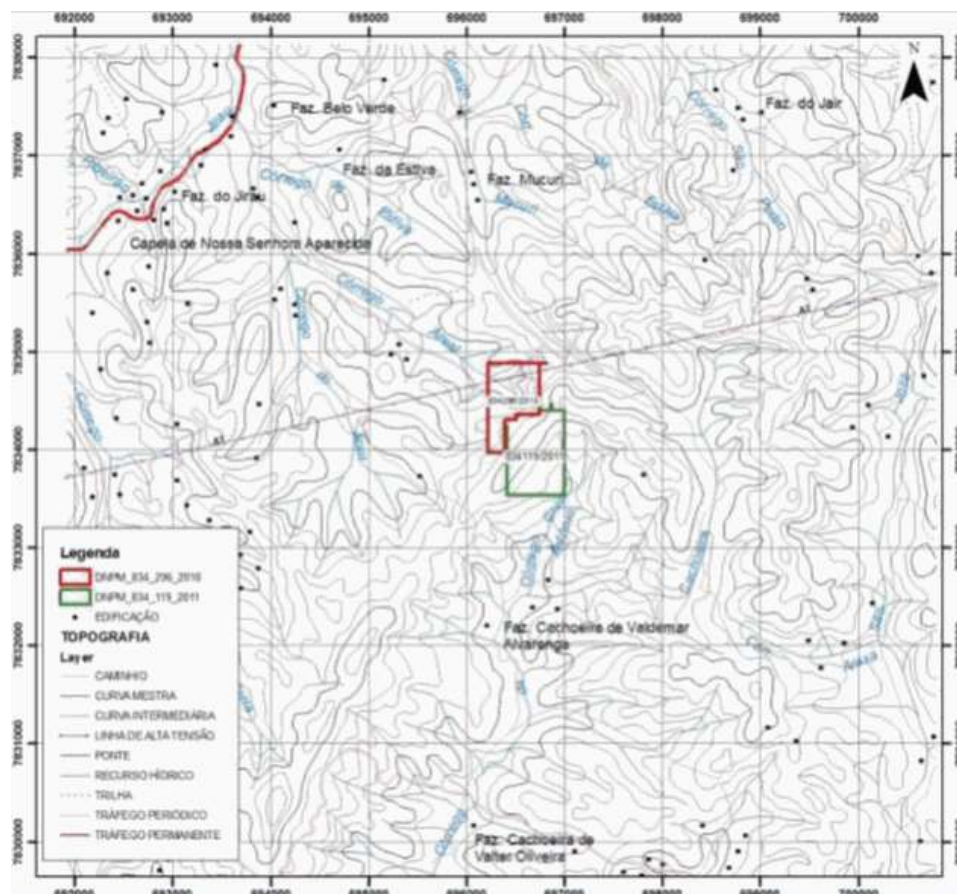
As áreas objetos deste estudo situam-se no curso de drenagem do Córrego Areal a norte e do Córrego Chico Antônio a sul. O primeiro apresenta uma de suas cabeceiras nos limites da área de lavra, a norte desta, enquanto o segundo Córrego apresenta suas nascentes a leste da área de lavra, tendo uma de suas nascentes também nos limites dessa área.

Após drenar a área do empreendimento, o Córrego Areal segue em sentido nordeste até seu encontro com o Córrego Jirau que, por sua vez, integra as drenagens formadoras do ribeirão de mesmo nome (Ribeirão Jirau). O Ribeirão Jirau descarrega suas águas no Rio Tanque, afluente da margem esquerda do Rio Santo Antônio, um dos principais afluentes do Rio Doce.

O Córrego Chico Antônio drena a área leste da lavra e segue em sentido sudeste até seu encontro com o Córrego da Cachoeira. Esse, por sua vez, é drenado ao Rio do Peixe, o qual deságua na margem esquerda do Rio Piracicaba, que é um afluente do Rio Doce, em cuja bacia todos se integram.

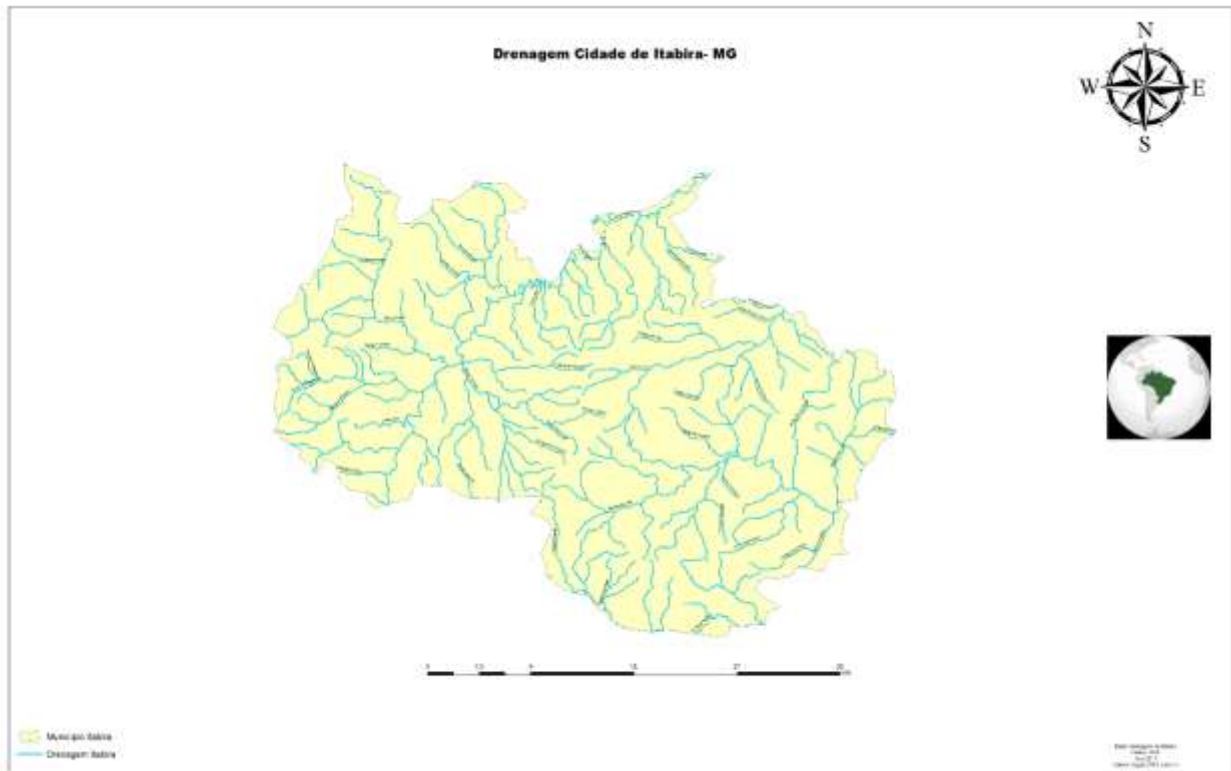
A hidrografia local do empreendimento, bem como as áreas delimitantes dos processos, estão representados na figura 6 e 7.

**Figura 6: Hidrografia local - Areal Girau**



Fonte: Pesquisa Documental (2015)

**Figura 7: Mapa da Hidrografia local -  
Itabira**



Fonte: acervo da pesquisa

O layout das bancadas e pilhas de estéril foram determinadas em função de variáveis como a estabilidade do material e o porte do empreendimento. Outro fator a ser levado em consideração é como a região é afetada por fenômenos hidrológicos.

A lavra é realizada a céu aberto, em bancadas sucessivas descendentes, e os parâmetros podem ser observados na tabela 2.

**Tabela 2 Parâmetros de Lavra – Areal Girau**

Parâmetros de lavra		
Bancadas	no minério	no estéril
Altura dos bancos	10 metros	6 metros
Bermas	4 a 20 metros	4 metros
Face dos bancos	55°	55°
Ângulo geral	43°	37,5°

Fonte: Pesquisa Documental (2015)

A pilha de estéril encontra-se em processo de licenciamento ambiental e será desenvolvida de forma ascendente com a geometria e os parâmetros apresentados na tabela 3.

**Tabela 3 Layout da pilha de estéril – Areal Girau**

Layout da pilha de estéril	
Cota inicial	803
Cota final	878
Altura total	75 metros
Altura dos taludes	5 metros
Ângulo geral	Até cota 853: 25° Até cota 878: 18,5°
Berma de segurança	mínimo de 5 metros
Área	2,04 hectares
Volume	155.873 m <sup>3</sup>

Fonte: Pesquisa Documental (2015)

O processo de beneficiamento do minério de areia consiste, basicamente, em promover a cominuição da rocha quartzítica, através de sua britagem, e posterior classificação granulométrica através de peneiras vibratórias. O processo não utiliza água.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES SOBRE A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS**

Para haver uma gestão eficiente dos recursos hídricos no Areal é fundamental que as práticas estejam de acordo com as normas legais. O cumprimento da legislação representa não só a preocupação da empresa com os aspectos ambientais como também um aprimoramento na gestão do empreendimento como um todo.

Essa preocupação pode ser observada em diversos setores dentro da própria empresa. O manejo dos recursos hídricos está presente desde sua captação se estendendo até os cuidados finais na descarga ao meio ambiente.

##### **4.1. Utilização e Captação de Água**



Em relação a utilização das águas, o empreendimento faz uso para os fins listados na tabela 4.

Tabela 5: Consumo de água – Areal Girau

Consumo de água	
Umidificação em pontos da usina de beneficiamento, onde há maior geração de pó (britador e queda nas correias de produtos).	de 0,5 a 5 m³/dia
Umidificação de vias de acesso e pátios por caminhão pipa	15 m³/dia
Manutenção de equipamentos	3 m³/dia
Higienização das estruturas de apoio, incluindo o uso para higiene pessoal	2 m³/dia
Total de água utilizada	25 m³/dia

Fonte: Pesquisa Documental (2015)

No caso das águas utilizadas na manutenção de máquinas e equipamentos e nas estruturas de apoio ao pessoal, os efluentes são submetidos a tratamento antes do lançamento na natureza (caixa separadora de água / óleo no caso das oficinas e fossa / filtro para as edificações de apoio).

A água é captada a fio d'água à montante do córrego Jirau existente nas imediações da lavra, cuja modalidade de regularização se enquadra na categoria de uso insignificante.

#### 4.2. Precipitação

Não há nenhum equipamento de medição pluviométrica instalado no local, portanto não é realizado o acompanhamento periódico das chuvas. A empresa utiliza apenas dados históricos da região para fins de planejamento e projeto.

#### 4.3. Impactos do Empreendimento

Na identificação, avaliação e interpretação dos impactos do empreendimento sobre o meio hidrológico, foram levados em consideração os fatores propostos pelo CONAMA Nº 001 de 23 de janeiro de 1986 (CONAMA, 1986):



- A natureza dos impactos: se são benéficos ou adversos, diretos ou indiretos, e os seus respectivos desdobramentos em impactos indiretos;
- Se são temporários ou permanentes;
- Seu grau de magnitude.

#### **4.4. Geração de efluentes líquidos**

Os efluentes líquidos gerados nesta atividade minerária são constituídos essencialmente por resíduos de óleos e graxas resultantes da manutenção e abastecimento de máquinas, veículos e equipamentos, além das águas residuais procedentes das instalações sanitárias existentes em algumas edificações de apoio a mineração.

Os resultados de todas as análises realizadas no monitoramento dos efluentes são entregues ao SUPRAM/CM (Superintendência Regional de Meio Ambiente Central Metropolitana de Minas Gerais), através de relatórios, com periodicidade semestral, formando-se uma série histórica para avaliações posteriores.

#### **4.5. Resíduos de óleos e graxas**

Estes efluentes são gerados no ambiente da mineração nas operações de abastecimento de óleo combustível, troca de óleo lubrificante, na manutenção e na lavagem de caminhões, pás mecânicas e compressores.

Em razão do pequeno porte do empreendimento, levando em conta o número máquinas, veículos e equipamentos, o impacto causado por estes resíduos pode ser considerado como de pequena magnitude. Deve-se, porém, ser levado em consideração por apresentar elevado potencial poluidor do solo e dos cursos d'água.

O local onde é realizada a lavagem de máquinas e veículos, apresenta um sistema de drenagem implementado, com piso impermeabilizado e com parte da área coberta. O produto dessas operações é conduzido a uma caixa separadora de óleos e água.

Os resíduos de óleos e graxas são coletados das caixas de separação de óleos/graxas/água e acondicionados em recipiente adequado (tambor metálico), de onde são encaminhados até as indústrias que realizam o re-refino, juntamente com o óleo lubrificante (queimado) retirado dos motores e de outros equipamentos.

É feita a vistoria da caixa separadora de óleos e águas, através de análises semanais, para verificar a eficiência da mesma. A figura 7 ilustra a vista do tanque aéreo no interior da bacia de contenção, e a pista de abastecimento. Na figura 8 a seta indica a caixa separadora exclusiva para o posto de combustível.

**Figura 7: Posto de Combustível**



Fonte: Pesquisa Documental (2016)

**Figura 8: Posto de Combustível (vista oposta)**



Fonte: Pesquisa Documental (2016)

#### **4.6. Esgoto doméstico**

Os esgotos domésticos são gerados nas instalações sanitárias em algumas das dependências da mineração, mais exatamente na edificação de apoio da mineração (instalações sanitárias do escritório junto a balança rodoviária e o banheiro que serve aos funcionários da Instalação de Beneficiamento).

Este impacto pode ser considerado como de pequena magnitude, em razão do limitado número de funcionários na mineração. Deve-se, porém, ser levado em consideração pelo elevado risco de contaminação dos cursos d'água superficiais próximos e o lençol freático. Os esgotos domésticos das instalações sanitárias são conduzidos a um sistema fossa/filtro único para tratamento, e posteriormente é lançado em vala de infiltração (sumidouro). É feito o monitoramento rotineiro dos efluentes da fossa séptica/filtro anaeróbio para comprovar a eficiência do sistema de tratamento de esgoto implantado.

#### **4.6 Geração de efluentes atmosféricos**

Na área impactada pela mina, há grande volume de partículas em suspensão no ar que são dispersas por diferentes fontes, como pelos desmontes, pelo beneficiamento e pela movimentação dos veículos. Isso ocorre principalmente devido ao comportamento arenoso do minério e da baixa granulometria dos produtos finais. A presença de sólidos em suspensão representa risco à saúde do trabalhador, podendo causar problemas respiratórios e desconforto aos funcionários.

Este impacto pode ser considerado como de grande magnitude, principalmente nas adjacências da instalação de beneficiamento e vias de acesso. Como medida mitigadora é feito periodicamente a aspersão de água em pontos estratégicos na área de beneficiamento, nas vias de acesso e nos pátios, com auxílio de um caminhão pipa.

#### **4.7 resíduos sólidos**

Os resíduos sólidos gerados são constituídos por material estéril da jazida e material carregado nas frentes de lavra e áreas decapadas adjacentes da mina. Os resíduos na frente de lavra são removidos periodicamente durante o avanço da lavra. Há pouco material estéril, sendo que uma pilha de estéril já foi projetada e está em processo de licenciamento ambiental.

A geração desses resíduos é considerada como de grande magnitude, em razão das características do material e por ser um risco aos dois córregos posicionados a jusante do empreendimento: o Girau, principalmente, e o Córrego Areal. Para que não representem um risco de erosão e assoreamento das fontes hídricas locais, é necessário a disposição adequada destes materiais e a implantação e manutenção de um sistema de drenagem de

águas pluviais em toda a área de lavra, depósito de estéril e na área da unidade de beneficiamento, visando impedir a ação de processos erosivos.

#### **4.8. Sistema de drenagem**

Este sistema de drenagem retêm as águas de chuvas na área do empreendimento, reduzindo o impacto erosivo durante as chuvas mais fortes e, principalmente, possibilita um maior índice de infiltração de água para o subsolo.

As partes integrantes do sistema que serão relatados a seguir são: drenagem na lavra, drenagem no pátio de beneficiamento, drenagem nas vias de acesso e drenagem da futura pilha de estéril. Incluem ainda áreas de apoio, as áreas de estoque de produtos, que no seu conjunto visam impedir o início de ocorrência de processos erosivos e, conseqüentemente o carreamento de material sólido para o Córrego Girau, a jusante das principais estruturas, e o Córrego Areia, a jusante da pilha de estéril projetada.

Para melhor funcionamento de todo o sistema de drenagem é realizado periodicamente a limpeza das valas, canaletas, escadas e bacias. Todas as bacias de decantação propostas são escavadas em terreno natural, não possuindo barramentos aterrados, garantindo assim a segurança com relação a rupturas do barramento e estabilidade de taludes.

#### **4.9. Drenagem na lavra**

O sistema de controle de drenagem se inicia na área de lavra em encosta, na qual a empresa vem extraíndo areia e trabalhando a conformação dos bancos, deixando-os com geometria segura e definida. Em cada banco da lavra, o controle de drenagem é iniciado com a drenagem de berma, sendo a água de chuva incidente direcionada sempre no sentido de pé do talude, com inclinação de 2%, (sentido transversal à saia do talude). A berma possuiu uma inclinação de 1%, no sentido longitudinal, de modo que as águas drenadas são direcionadas a um ponto estratégico em sua extremidade, onde um pequeno sump (bacia escavada) faz a retenção temporária do fluxo e dos sólidos carreados e amortece o fluxo de água.

Após passar pelo sump, a drenagem é direcionada ao banco inferior através de uma canaleta escavada em terreno natural preenchida com blocos de rocha para evitar

processo erosivo. Seguindo esta lógica, sucessivamente, isto ocorre até a drenagem chegar à área de pátio da lavra, e posteriormente seguir a uma bacia maior (Bacia 04), onde ocorre a efetiva decantação e perda de velocidade de fluxo. Uma descida em escada direciona o fluxo até uma segunda bacia (Bacia 01), que também recebe a drenagem do pátio da unidade de beneficiamento instalada.

#### **4.10. Drenagem no pátio de beneficiamento**

A água de chuva do pátio de beneficiamento é conduzida ao setor sul da mina, onde há uma bacia de decantação (Bacia 01). Posteriormente, a drenagem escoar em terreno natural e é lançada na linha de drenagem natural do terreno. Outra bacia de decantação (Bacia 02) recebe a drenagem da área a jusante do pátio da unidade de beneficiamento e da área de apoio, onde estão instalados o escritório e a balança rodoviária. Uma canaleta lateral a via de acesso principal conduz a drenagem até a Bacia 02, sendo a canaleta escavada em terreno natural preenchida com blocos de rocha em seu interior.

Por fim, há a Bacia 03 com a finalidade de receber toda a drenagem das vias de acessos internas, área de pátio de produtos e apoio, bem como a drenagem vinda da Bacia 02. Um canal de ligação faz ligação entre a Bacia 02 e a Bacia 03.

#### **4.11. Drenagem nas vias de acesso**

Nas vias de acesso à frente de lavra, a drenagem é direcionada ao pé do talude de corte, escoando sobre terreno natural em uma canaleta construída por lamina de patrol (moto niveladora), preenchida com blocos de rocha para redução da velocidade de fluxo. Pequenos sumps são escavados para retenção temporária de sólidos carregados. Caixas de recepção (bueiros) e manilhas também estão presentes, para captação e lançamento das águas de chuva passando por manilhamentos (BM), tendo como destino final da drenagem a Bacia 03.

Na principal via de acesso à mineração, um controle de drenagem também está presente, adotando-se os mesmos princípios básicos citados acima, sendo drenados a Bacia 7.

#### **4.12. Drenagem na futura pilha de estéril**

De modo a acondicionar adequadamente o material estéril gerado no processo de lavra, será construída uma pilha, em local apropriado, especificamente para esta finalidade.

As bermas terão inclinação de 3% em sentido transversal com objetivo de lançar a drenagem no pé do talude para escoamento da água de chuva. A inclinação das bermas será de 1 % no sentido longitudinal para escoamento da drenagem até uma canaleta escavada em terreno natural em forma de escada, com blocos de rocha argamassados, para direcionamento da drenagem ao banco inferior da pilha de estéril.

Será construído duas bacias de decantação para amortecimento de fluxo e redução da velocidade da água, com saída integrada ao vertedouro. Uma bacia de decantação intermediária será construída na cota 840 m (Bacia 5), que receberá a drenagem coletada nos bancos acima desta cota. A outra bacia (Bacia 6) será construída na cota 810 m e receberá o fluxo da Bacia 5 e o fluxo coletado nos bancos intermediários.

### **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A atuação do engenheiro de minas em questões ambientais é importante pois enriquece a gestão como um todo devido ao poder de análise crítica e conhecimento das dinâmicas do sistema terra. O desenvolvimento do presente trabalho de conclusão de curso permitiu evidenciar a importância da gestão hídrica na mineração.

O caso apresentado mostra que, independente do porte do empreendimento, os cuidados com o manejo dos recursos disponíveis são de extrema relevância no desenvolvimento produtivo e sustentável.

No Brasil o estado exerce forte papel regulador no que se refere aos cuidados do meio ambiente. A legislação hídrica brasileira não apenas define quais as práticas nocivas ao ambiente, como também aponta as diretrizes a serem seguidas na gestão das águas.

Uma gestão eficiente não se dá apenas pelo conhecimento geológico do local, mesmo sendo esse um dos fatores primordiais da avaliação, também se faz necessário o conhecimento da dinâmica hidrológica na qual o objeto de estudo se encontra. A partir da evolução tecnológica, principalmente no que se refere aos métodos de sensoriamento remoto, a mineração passou a obter com mais facilidade dados que sustentam a tomada



de decisões. Essa evolução favorece o fortalecimento de empresas de menor porte, visto que permite a aquisição de informações antes restritas devido ao alto custo.

Os cuidados com o manejo dos recursos hídricos devem abranger todo o volume que impactar e/ou for impactado pelo empreendimento. Para garantir que o monitoramento esteja presente em toda extensão da lavra o uso de ferramentas de controle se faz indispensável. Como observado no Areal Girau, o sistema de drenagem implementado realiza a condução das águas enquanto estas se encontram no domínio do empreendimento, garantindo continuidade no processo, segurança do trabalho e controle ambiental.

Ficou evidenciado neste estudo que o Areal Girau possui um sistema de gestão bem implementado e abrangente. Entretanto, é possível realizar o aprimoramento deste sistema agregando informações climáticas atualizadas, que hoje não são utilizadas, de modo a refinar o planejamento. A obtenção destes dados pode ser realizada com a instalação de pluviômetros e pluviógrafos nas áreas impactadas.

A realização deste trabalho só foi possível devido a disponibilidade da empresa em fornecer os dados. Essa proximidade entre a indústria e a universidade gera uma cultura de colaboração mútua, enriquecendo a formação do profissional e viabilizando a geração de produções acadêmicas de maior qualidade. Após a conclusão deste trabalho, para um entendimento mais abrangente, sugere-se os seguintes temas para futuros estudos: Comparação dos impactos hídricos nas diferentes formas de extração de areia; e estudos aplicados da hidrometeorologia no planejamento mineiro.

## REFERÊNCIAS

CAUCHICK MIGUEL, P. C. et al. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, ABEPRO. 2 ed., 2010.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 1**. Ministério do Meio Ambiente, Brasil, 1986. 4p.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2ªed.rev. e atual. – São Paulo: Edgard Blücher, 1988. 291p.

NIMER, E.; BRANDÃO, A. M. P. M. **Balanço hídrico e clima da região dos Cerrados**. IBGE – Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro, 1989. 121p.

PADILHA, A. V. et al. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. Itabira, Folha SE.23-Z-D-IV. Estado de Minas Gerais. CPRM, Brasília, 2000. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/5662?show=full>> Acesso em: 12 Mar. 2016.

PINTO, N. L. S., HOLTZ, A. C. T., MARTINS, J. A., GOMIDE, F. L. S. Hidrologia Básica. São Paulo: Edgard Blücher, Rio de Janeiro: Fundação Nacional de Material Escolar, 1976. 278p.

TUCCI E SILVEIRA, C. E. M.; DA SILVEIRA, A. L. L.; CHEVALLIER, P. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4ªed. – Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2012. 304p.

VASCONCELLOS, Ricardo Moacyr, BRANCO, Paulo Cesar de Azevedo. **Geoprocessamento na Mineração Brasileira**. Revista Mundo Geo, 2004. Acesso em: 10 Ago. 2016