

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ARARAQUARA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL E
MEIO AMBIENTE

AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE IMPACTOS NO CÓRREGO ALEGRIA (UBERABA
/MG) POR CONTAMINAÇÃO QUÍMICA DE ISOBUTANOL, METANOL E
OCTANOL

MARTA OLIVEIRA BESSA

ARARAQUARA
2016

CENTRO UNIVERSITARIO DE ARARAQUARA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL
E MEIO AMBIENTE

AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE IMPACTOS NO CÓRREGO ALEGRIA (UBERABA
/MG) POR CONTAMINAÇÃO QUÍMICA DE ISOBUTANOL, METANOL E
OCTANOL

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente, curso de Mestrado, do Centro Universitário de Araraquara – UNIARA – como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente. Área de Concentração: Dinâmica Regional e Alternativas de Sustentabilidade.
Orientado: Marta Oliveira Bessa
Orientadora: Prof.^a Dra. Vanessa Colombo Corbi.

FICHA CATALOGRÁFICA

B465a Bessa, Marta Oliveira

Avaliação ambiental de impactos no Córrego Alegria (Uberaba/MG) por contaminação química de isobutanol/Marta Oliveira Bessa. – Araraquara: Centro Universitário de Araraquara, 2016.
56f.

Dissertação (Mestrado)- Centro Universitário de Araraquara
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente

Orientador: Profa. Dra. Vanessa Colombo Corbi

1. Produtos químicos. 2. Sedimentos. 3. Qualidade da água.
4. Toxicidade. I. Título.

CDU 504.03



Centro Universitário de Araraquara

Rua Voluntários da Pátria, 1309 - Centro - Araraquara - SP
CEP 14801-320 - Caixa Postal 68 - Fone/Fax: (16) 3301-7100

www.uniara.com.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

NOME DO ALUNO: *Marta Oliveira Bessa*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente, curso de Mestrado, do Centro Universitário de Araraquara – UNIARA – como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestra em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente.

Área de Concentração: Desenvolvimento Territorial e Alternativas de Sustentabilidade.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Vanessa Colombo Corbi
UNIARA – Araraquara

Prof. Dra. Regiane Cristina Correa
USP – São Carlos

Prof. Dr. Guilherme Rossi Gorni
UNIARA - Araraquara

Araraquara – SP, 29 de abril de 2016

AGRADECIMENTOS

“Agradecer é admitir que houve um momento em que se precisou de alguém; é reconhecer que o homem jamais poderá lograr para si o dom de ser auto-suficiente. Ninguém se faz sozinho: A vocês, que presente ou no anonimato compartilhou dos meus ideais, mesmo que ainda distante e em silêncio, fica expresso meus sinceros agradecimentos.

A Deus, razão da existência humana que permitiu minha evolução nesta caminhada.

Com gratidão a minha mãe e ao meu pai, lutadores constantes pela vida.

A minhas filhas por compreenderem minha ausência.

Ao meu esposo José pelo carinho, incentivo e confiança.

Aos meus irmãos.

Ao meu amigão Jander Lacerda, companheiro de estradas e salas de aula.

Com ternura à família Corbi, minha orientadora Prof. Dra. Vanessa Colombo Corbi e Prof. Dr. Juliano Corbi.

Aos professores Dra. Vera L. Bota Ferrante, Dr. Leonardo Rios, Dr. Zildo Gallo, Dra. Janaina F. F. Centrão, Dr. Oriowaldo Queda, Dra. Flavia C. Sossae, Dra. Dulce C. A. Whitaker, Dra. Maria Lucia Ribeiro, Dra. Regiane Cristina Correa, Dr. Guilherme Rossi Gorni. Minhas admirações!

Dedico este trabalho a toda minha família em especial a minha irmã Maria Isadora Bessa, pois minha irmã, ainda me lembro, e não faz muito tempo, das palavras de incentivo aos estudos, das preocupações desmedidas, das broncas carinhosas, do cuidado com minhas filhas que com carinho se fez suas, de todas as vezes que me tirou e ainda me tira das confusões e por se tornar o primeiro nome que me vem à mente quando peço socorro. Por isso, esta conquista dedico a você!

RESUMO

Os impactos ambientais se configuram como graves problemas no Brasil e no mundo. Após o descarrilamento de parte de uma composição ferroviária e consequente vazamento de produtos químicos perigosos (isobutanol, metanol e octanol) sobre solo e águas do córrego Alegria, após 12 anos iniciaram-se as campanhas conduzidas na Área de Proteção Ambiental (APA) do rio Uberaba. O presente trabalho avaliou os parâmetros em amostragem de água e sedimentos coletados no córrego Alegria em Uberaba, Minas Gerais. De acordo com o arcabouço físico e antrópico e, de forma secundária das águas do córrego Alegria, a coleta de amostragem permitiu uma avaliação do Oxigênio dissolvido, pH e Condutividade elétrica da água. A qualidade do sedimento e da água do referido córrego ocorreu por meio da realização de ensaios de toxicidade em quatro pontos no referido local durante as estações seca e chuvosa. Os ensaios de toxicidade com a espécie *Chironomus sancticaroli* foram realizados visando à obtenção da CL (50), isto é, a concentração em que se observa a mortalidade de 50% ou mais dos organismos–teste expostos. Na estação chuvosa, (Maio/2015) o tratamento interface sedimento-água, apresentou toxicidade no Ponto 2 e Ponto 3, enquanto nos Ponto 1 e 4 possivelmente contaminados. No período de estiagem (Agosto/2015) a amostragem do Ponto 2 apresentou-se tóxico. De acordo com os resultados alcançados, foi possível obter evidências de variações composicionais da qualidade das águas do córrego Alegria atribuídas à variação pluviométrica, meio físico, cobertura vegetal e uso e ocupação do solo. O estudo apontou, ainda, para a necessidade de levantamentos adicionais nos referido pontos, que envolvessem a restauração da mata ciliar.

Palavras chaves: Sedimento. Qualidade da Água. Toxicidade. Produtos Químicos.

ABSTRACT

Environmental impacts represent severe problems in Brazil and in the world. After the derailment of a train and consequent leakage of dangerous chemicals (isobutane, methanol and octanol) on soil and water of Alegria stream, they began the campaigns in the Environmental Protection Area (EPA) of Uberaba river after 12 years. The present study evaluated the parameters in water and sediment samples collected in Alegria stream in Uberaba, Minas Gerais. According to the physical and anthropic framework the sample collection allowed a dissolved oxygen evaluation, pH and electrical conductivity of water, in a less important way of the water in Alegria stream. The quality of the sediment and the referred stream water happened through toxicity testing in four locations at the referred place during rainy and draught season. Toxicity tests with the specie *Chironomus sancticaroli* were carried out in order to obtain the CL (50), that is, the concentration that we can observe the mortality of 50% or more of the testing organisms exposed. In the rainy season, (May/2015) the interface treatment sediment-water, presented toxicity on location 2 and location 3, while in location 1 and 4 was possibly contaminated. In the dry season (August/2015) the sample in location 2 was presented toxic. According to the results achieved, it was possible to obtain evidence of the compositional variations in the quality of water in Alegria stream attributed to rainfall variation, physical environment, vegetation covers and land use and occupation. The study also pointed to the need for additional surveys in the referred issues, involving the restoration of riparian vegetation.

KEYWORDS: Sediment. Quality of water. Toxicity. Chemicals.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização Satélite do Descarrilamento do Trem.....	14
Figura 2- Descarrilamento Trem Sobre a Ponte do Córrego Alegria.....	15
Figura 3- Vazamento de Produtos Químicos na Ocasão do Acidente.....	15
Figura 4- Combate ao Fogo pelo Corpo de Bombeiros Ocasionado Pela Queima de Álcoois.....	16
Figura 5- Estrutura Química do Metanol.....	17
Figura 6 – Estrutura Química do Isobutanol.....	18
Figura 7 – Estrutura Química do Octanol.....	18
Figura 8 - Microbacia do Córrego Alegria.....	27
Figura 9 – Precipitação Mensal de Chuvas na Região de Uberaba MG, no ano de 2015.....	28
Figura 10 - Estrutura Geologia da APA do Rio Uberaba.....	30
Figura 11- Basalto da Formação Uberaba na calha do córrego Alegria.....	31
Figura 12- Exposição de Rochas Fraturadas na Extensão do Leito no Córrego Alegria.....	31
Figura 13 - Pontos de Coleta do Estudo.....	33
Figura 14 - Ponto de coleta 1, a 500 m à montante da área afetada.....	34
Figura 15 - Ponto de coleta 2, situado na área afetada diretamente pelo acidente.....	35
Figura 16 - Ponto de coleta 3 as margens do córrego Alegria.....	36
Figura 17 - Ponto de coleta 4 situado na confluência do córrego Alegria e rio Uberaba.....	36
Figura 18- Coleta de Sedimentos no Ponto 2 no Córrego Alegria.....	38
Figura 19- Gráfico: Porcentagem de Mortalidade das Larvas de <i>Chironomus sancticaroli</i> Expostas aos Sedimentos do Córrego Alegria Uberaba- MG em Maio e Agosto de 2015.....	41
Figura 20-Variação de Condutividade Elétrica no córrego Alegria	43
Figura 21-Variação de pH ao longo dos pontos (1, 2 ,3 e 4) no córrego Alegria.....	44
Figura 22-Variação de Oxigênio Dissolvido (OD) ao longo dos pontos (1, 2 , 3 e 4) no córrego Alegria.....	45

SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA – Agência Nacional das Águas

APA – Área de Proteção Ambiental

APP - Área de Preservação Permanente

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo

CODAU – Centro Operacional de Desenvolvimento e Saneamento de Uberaba

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FCA – Ferrovia Centro-Atlântica S/A

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IGA- Instituto de Geociências Aplicada

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia.

LEEA – Laboratório de Ecologia e Ecotoxicologia Aquática

MPU – Ministério Público de Uberaba.

OD-Oxigênio Dissolvido

PH- Potencial Hidrogeniônico

PMU – Prefeitura Municipal de Uberaba

SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

UNIFESP – Universidade Federal de São Paulo

UNIARA –Centro Universitário de Araraquara

SUMÁRIO

1-INTRODUÇÃO.....	12
1.1 – Álcoois.....	16
1.1.2 - Metanol	17
1.1.3 - Isobutanol.....	18
1.1.4 - Octanol	18
1.2 - Testes de Toxicidade em Sedimentos.....	19
1.3- Qualidades das Águas.....	21
2 - OBJETIVOS	214
2.1- Objetivo Geral.....	24
2.2- Objetivos Específicos.....	24
3 - MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1 Local de Estudo.....	25
3.2. - Caracterizações da Área de Estudo.	25
3.3 - Localização e caracterização da microbacia do córrego Alegria.....	26
3.3.1- Clima.....	27
3.3.2- Geologia Regional.....	28
3.3.3 - Uso e Ocupação do Solo.....	32
3.3.4 - Procedimentos Metodológicos.....	32
3.3.5 Estratégia de amostragem de Água no córrego	32
3.3.6 - Amostragem de Sedimentos no Córrego Alegria	37
3.3.7 - Manutenção dos organismos teste	38
3.3.8-Método para teste de toxicidade utilizando-se larvas do inseto <i>C. santicaroli</i>	38
4 - RESULTADOS.....	40
4.1- Bioensaios Ecotoxicológicos.....	40
4.2 - Qualidade Hídrica.....	41
5 - DISCUSSÃO.....	45

6- CONCLUSÃO.....	47
7- REFERÊNCIAS.....	49

1-INTRODUÇÃO

A preocupação com o meio ambiente aumenta ano a ano com a constatação que a atividade humana gera impactos negativos ao ambiente.

A existência de uma área contaminada pode gerar problemas como danos à saúde humana, comprometimento da qualidade dos recursos hídricos, restrições ao uso do solo, danos ao patrimônio público e privado, que resultam na desvalorização das propriedades, além dos inúmeros danos ao meio ambiente (MENEGETI, 2007).

Segundo Mariano (2006), quando um contaminante atinge o solo, seus componentes separam-se em três fases: dissolvida, líquida e gasosa. Uma pequena fração dos componentes da mistura se dissolve na água do lençol freático, uma segunda porção é retida nos espaços porosos do solo na sua forma líquida (como saturação residual) e outra parte dos contaminantes, que são passíveis de evaporação, dá origem à contaminação atmosférica (NADIM *et al*, 1999). Portanto, uma vez estabelecida contaminação, esta poderá atuar em três níveis diferentes: solo, água subterrânea e atmosfera.

De maneira geral, os álcoois e solventes orgânicos podem migrar por distâncias relativamente grandes, causando contaminação do solo de corpos d' água, mortandade de peixes, além da contaminação do ar (UNIFESP, 2007) Estas substâncias também podem percolar facilmente no solo e atingir o lençol freático, prejudicando a qualidade das águas (INMETRO, 2012). A presença de agentes químicos nos ecossistemas aquáticos representa sempre um risco aos seres vivos sem segurança, de que não ocorram efeitos tóxicos quando da exposição dos organismos aos agentes químicos (BERTOLETTI, 2008). O meio aquático é considerado o mais importante compartimento receptor, pois substâncias químicas lançadas no ar ou no solo irão atingi-lo por meio das chuvas, lavagem do solo e infiltrações (CETESB, 2003). Assim, vários são os fatores que influenciam o comportamento e o destino dos contaminantes no ambiente. Estes fatores podem ser físicos, químicos ou biológicos e a importância de cada processo depende do local, tipo e características do solo, do contaminante e das interações entre estes.

Os vários acidentes ferroviários com produtos químicos, que ocorreram ao longo do tempo, ocasionaram importantes desastres ecológicos e foram responsáveis pela contaminação de solos e fontes hídricas.

No Canadá, em 10 de Novembro de 1979, ocorreu o Acidente Ferroviário de Mississauga, no qual um comboio da Pacif Canadian perdeu uma das suas rodas, o que

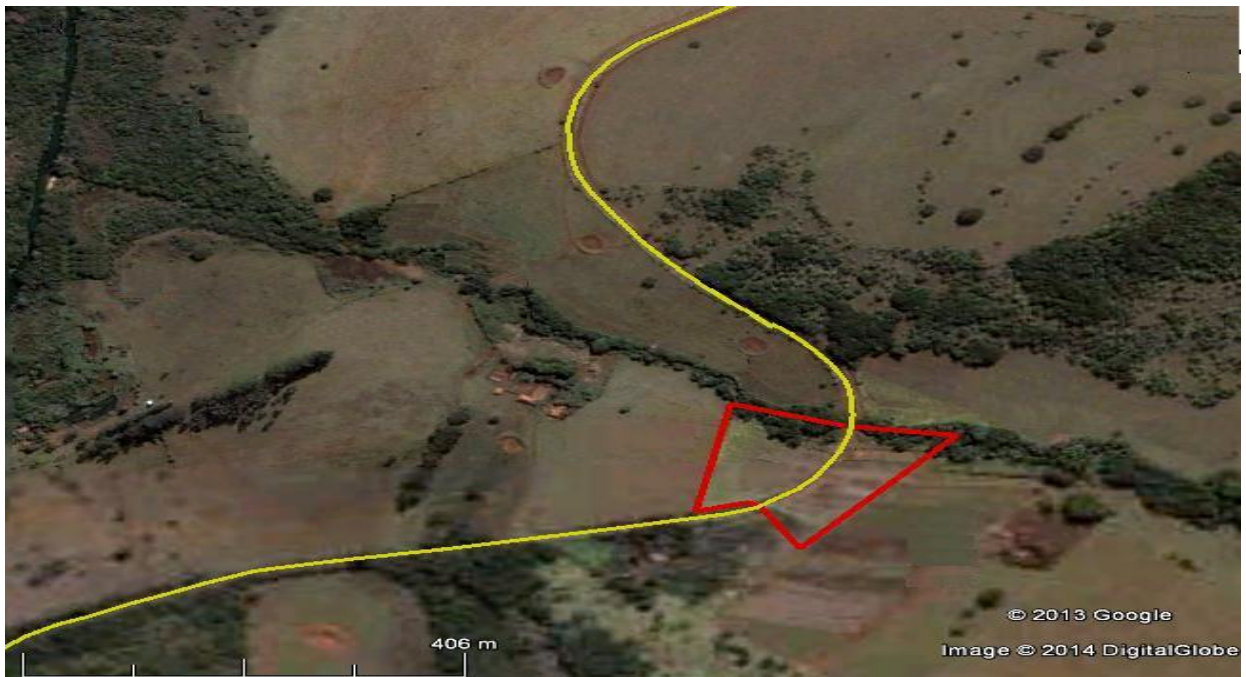
resultou no descarrilamento de 24 vagões. Nesses vagões eram transportados propano, hidróxido de sódio (soda cáustica) e cloro. Estes líquidos e gases inflamáveis causaram violentas explosões, contaminaram os cursos de água, solo e atmosfera. As evacuações de 218.000 pessoas começaram 2 horas após a explosão, e estas só regressaram a suas casas seis dias depois. Não ocorreram mortes, nem houve feridos graves (SILVA, 2007). Em 1981, o descarrilamento de um trem resultou no vazamento de cloro liquefeito em Montana, no México. Ocorreu contaminação do solo e cursos d'água, a vegetação da área foi atingida por uma nuvem tóxica formada pelo vazamento que alcançou uma área de 40.000 m² (REVISTA DE SAÚDE PÚBLICA, 1995). No Brasil, os acidentes ambientais também tem sido objeto de preocupação. Em Pojuca na Bahia em 1983, dezenas de pessoas foram mortas e centenas ficaram feridas, após o descarrilamento de um trem carregado de gasolina e diesel. Uma série de negligências acompanhou a tragédia e fez com que as proporções fossem alarmantes. O fato foi acompanhado pela imprensa nacional e a tragédia levantou novas discussões, que provocaram fortes mudanças na regulamentação de segurança das atividades ferroviárias no Brasil (REVISTA VEJA, 1983).

O presente trabalho aborda o acidente ocorrido em Uberaba – MG, na madrugada de 10 de junho de 2003. Por volta das 3 horas da manhã, um trem da Ferrovia Centro-Atlântica (FCA) partiu do polo petroquímico de Camaçari, na Bahia, em direção a Paulínia, em São Paulo. Ao passar pela ponte sobre o córrego Alegria, importante afluente do Rio Uberaba, no quilômetro Ferroviário 1.033+345 (trecho Ibiá-Uberaba, entre as estações de Batira e Uberaba) (Figura 1) ocorreu o descarrilamento de parte da composição do trem, ocasionando o tombamento de 18 vagões (Figura 2), dos quais oito carregavam metanol, cinco continham octanol, dois isobutanol e três cloreto de potássio (Figura 3). Além de extensas explosões, ocorreu a contaminação do solo e cursos de água com os produtos químicos extremamente prejudiciais à vida humana, fauna e flora. Este fato levou a interrupção total do abastecimento de água da cidade por dez dias, provocando enormes prejuízos à população e às empresas da localidade. Do total de álcoois que vazou, parte foi consumida pelo incêndio, parte infiltrou no solo e parte se deslocou até o córrego Alegria (Figura 4). Em relação ao cloreto de potássio vazado, este permaneceu no solo ao lado do vagão. O incêndio afetou cerca de 3.000 m² de Área de Preservação Permanente, sendo cerca de 600 m² constituído de matas ciliares típicas. As demais frações contaminaram o solo e o córrego Alegria. Uma vez em contato com o referido córrego, os contaminantes percorreram toda sua extensão, atingindo o rio Uberaba e, conseqüentemente o ponto de captação de água utilizado pelo CODAU – Companhia de Desenvolvimento de Água de Uberaba. Ao final do primeiro dia, após o acidente, no local de

captação de água que abastecia as residências de Uberaba, a água estava totalmente tomada pelo metanol, uma infinidade de peixes mortos na extensão do rio e o fogo havia destruído grande parte da mata ciliar do córrego Alegria (MINISTÉRIO PÚBLICO DE UBERABA, 2003).

Há 12 anos do acidente ocorrido, ainda são verificados enormes danos ambientais, apesar de todo empenho dos Órgãos Ambientais (Municipal, Estadual e Federal), de Instituições de Pesquisas, Corpo de Bombeiro, Polícia Militar e Ambiental que trabalharam em conjunto com o objetivo de minimizar o impacto ocasionado. Tendo em vista os problemas ambientais ocasionados pelo acidente, este trabalho propõe uma avaliação dos impactos ambientais no córrego Alegria e faz a proposição de possíveis medidas de recuperação da área afetada.

Figura 1- Localização Satélite do Descarrilamento do Trem.



Fonte: Google 2013

Figura 2- Descarrilamento Trem Sobre a Ponte do Córrego Alegria.



Fonte: Proprietário da Área.

Figura 3- Vazamento de Produtos Químicos na Ocasão do Acidente.



Fonte: Proprietário da Área.

Figura 4- Combate ao Fogo pelo Corpo de Bombeiro Ocasionado Pela Queima de Álcoois.



Fonte: Proprietário da Área

1.1 - Álcoois

Não há uma data precisa de quando o ser humano começou a usar álcool, mas existem evidências de sua presença em artefatos datado de cerca de 5.500 a. C. A destilação do álcool era bem conhecida pelos alquimistas, quando ele passou a ser utilizado para outros fins, que não a ingestão por pessoas (ROCHA; ROSA; CARDOSO, 2010). O álcool é uma classe de compostos orgânicos, que possui na sua estrutura um ou mais grupos de hidroxilas (-OH) ligados a carbonos saturados. São comumente utilizados como combustíveis, esterilizantes e solventes, e são extremamente importantes uma vez que eles apresentam diversas aplicações industriais e farmacológicas (BARBOSA, 2003). Ainda, segundo o mesmo autor, os álcoois são classificados como primário, secundário ou terciário, dependendo do número de grupos de alquil ou aril ligados ao mesmo carbono em que se encontra a hidroxila. A cadeia mais longa a qual o grupo hidroxila está ligado nos fornece o nome de base e a terminação é - ol (SOLOMONS; FRYHLE, 2005).

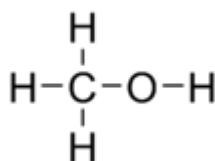
“A numeração da cadeia é feita de modo que a hidroxila receba o menor número possível, quando esta for o grupo funcional principal. Como em qualquer classe de compostos orgânicos, a temperatura de

fusão e, especialmente, a temperatura de ebulição dos álcoois em uma série homologada eleva-se com o aumento da massa molar. Quanto à solubilidade, os álcoois com até três átomos de carbono a porção lipofílica da molécula aumenta, com conseqüente redução da solubilidade destes compostos em água” (BARBOSA, 2003).

1.1.2- Metanol

Conhecido como álcool metílico, álcool de madeira, carbinol, monohidroximetano, espírito colonial ou metil carbinol (Figura 5), é um composto orgânico incolor, inflamável e tóxico, com um cheiro pungente característico, largamente usado na produção formaldeído, biodiesel, metilmetacrilato (MMA), metilacrilato (MA), metilaminas, pode ser usado como solventes, soluções de látices e resinas em metanol e combustíveis para motores alternativos de alta compressão (CHEMFINDER, 2006). Atualmente, a maior parte do metanol é preparada através da hidrogenação catalítica do monóxido de carbono. Essa reação ocorre sob alta pressão a uma temperatura de 300-400°C, é utilizado como catalisador, uma mistura de óxidos metálicos como óxido de cromo (III) (Cr₂O₃) e óxido de zinco (ZnO³) sendo ele altamente tóxico, sua ingestão, mesmo em pequenas quantidades pode provocar a cegueira; grandes quantidades podem provocar a morte (SOLOMONS; FRYHLE, 2005). Para Barbosa (2003), o metanol é um dos álcoois mais importantes do ponto de vista industrial. No meio ambiente, o produto é biodegradado. No ecossistema aquático, o metanol pode ser muito prejudicial, no solo, migrará até águas subterrâneas e/ou evaporará. Na água, sua meia vida situa-se entre 1-10 dias, no ar persistirá como aerossol (HSDB, 2006).

Figura 5- Estrutura Química do Metanol

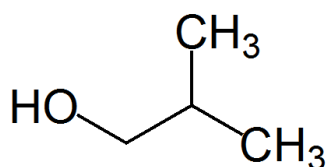


Fonte: <https://www.google.com.br/search?q=estrutura+quimica+do+metanol>

1.1.3- Isobutanol

Conhecido como álcool isobutanol, isopropilcarbinol, 2-Metil-1-propanol, álcool butílico de fermentação (Figura 6), é um composto orgânico incolor, inflamável, com cheiro característico, miscível em água, largamente usado como solvente, lacas vernizes, resinas, óleos vegetais, corantes, alcaloides e em produtos farmacêuticos. No ecossistema aquático o isobutanol pode causar toxicidade em peixes, algas, bactérias e mutagenicidade em fungos. Quando liberado no solo evapora-se moderadamente podendo ser dissolvido ou arrastado aos lençóis freáticos causando toxicidade humana através de vapores e líquidos irritantes (CETESB, 2008).

Figura 6 – Estrutura Química do Isobutanol



Fonte: <https://www.google.com.br/search?q=estrutura+quimica+do+isobutanol>

1.1.4- Octanol

Conhecido como octanol, álcool octílico, heptilcarbinol, álcool c-8 (Figura 7), é um líquido denso, sem coloração, odor doce, flutuante na água, usado na fabricação de perfume, cosméticos, síntese orgânica e solvente. No ecossistema aquático o octanol pode causar toxicidade em peixes, algas e bactérias e mutagenicidade em fungos, podendo ainda causar toxicidade humana através da ingestão de líquidos (CETESB, 2008).

Figura 7 – Estrutura Química do Octanol.



Fonte: <https://www.google.com.br/search?q=estrutura+quimica+do+octanol>

1.2 - Testes de Toxicidade em Sedimentos

Os sedimentos são parte integral e essencial da dinâmica das bacias hidrográficas, apresentando valor ambiental, social e econômico. O material inorgânico e orgânico nos sedimentos de rios pode ser um importante meio de avaliação da poluição, uma vez que está predisposto a rápidas trocas de composição com a coluna de água (BRADY, 1989; PEREIRA *et al.*, 2006).

Ainda segundo este autor, é na fração argila que os poluentes se agregam com maior facilidade por existirem diferentes grupos argilominerais com capacidades de troca iônica distinta. Os sedimentos são constituídos por partículas minerais (areia, silte e argila) e por matéria orgânica. Para Solomons (2005) a quantidade e a qualidade dos sedimentos dependem das atividades socioeconômicas e das condições biofísicas dos sedimentos ao longo do rio. Os impactos a montante e o funcionamento dessas áreas não podem ser consideradas isoladamente, mas sim como sendo parte de um processo contínuo ao longo de todo o rio.

Os sedimentos revelam a integração de todos os processos biológicos, físicos e químicos que ocorrem em um ecossistema aquático (PANE & BRONDI, 2008). Eles desempenham importante papel nos ambientes aquáticos uma vez que é fonte de alimento e habitat para a fauna aquática. São responsáveis também pela turbidez dos corpos hídricos, além de apresentar alta capacidade de reter e acumular espécies químicas orgânicas, como inseticidas e herbicidas, e inorgânicas, como os metais. Menos de 1% das substâncias que atingem o sistema aquático são dissolvidas em água, conseqüentemente, mais de 99% são estocadas no compartimento sedimentar (FÖRSTNER *et al.*, 1995). Apesar do constante monitoramento das águas, o mesmo não ocorre com os sedimentos, e estes interferem diretamente em toda a biota aquática, sendo que: as análises de sedimentos aquáticos podem fornecer informações sobre a qualidade da água, assim como detectar a presença de contaminantes inorgânicos e orgânicos, que sedimentam de acordo com sua densidade e solubilidade (PANE & BRONDI, 2008). Segundo Licht (1998) as amostras de sedimento dos rios, lagos e lagoas representam a integração de todos os processos que ocorrem no ecossistema aquático à montante e são investigadas para determinar a poluição ambiental relacionada aos elementos traço e/ou substâncias tóxicas.

Os testes de toxicidades apresentam-se como ferramenta importante para a compreensão dos efeitos dos contaminantes sobre o comportamento biótico, utilizando organismos vivos que atuam como biosensores (DORNFELD *et al.*, 2001).

O objetivo geral de um teste de toxicidade é a caracterização da resposta ecológica de uma determinada amostra ambiental (CAIRNS, *et al.*, 1998).

Nos estudos ecotoxicológicos, a toxicidade de uma substância ou efluente bem como do corpo receptor e sedimentos, pode ter efeitos agudos ou crônicos sobre o organismo. Os efeitos agudos são respostas bruscas e rápidas que os organismos apresentam quando expostas a um estímulo, sendo normalmente a letalidade ou a imobilidade os efeitos mais comuns (RAND & PETROCELLI, 1995). Os efeitos crônicos são aqueles que produzem efeitos deletérios ao organismo como na reprodução, crescimento, comportamento, longevidade, entre outros (CETESB, 1986).

Ambos os efeitos são determinados através de testes de toxicidade, nos quais uma quantidade conhecida de organismos é exposta ao agente estressante conhecida por períodos de tempo e, posteriormente, os efeitos são avaliados quanto à sobrevivência ou mortalidade dos organismos bem como efeitos comportamentais, morfológicos e fisiológicos. A concentração do agente tóxico e o tempo de exposição estão diretamente relacionados e, portanto altas concentrações poderão ter efeitos prejudiciais em tempos extremamente curtos (RAND *et al.*, 1995).

Os testes de toxicidade com sedimentos, realizados em laboratórios, fornecem informações ecológicas importantes que podem ser utilizadas para identificar a toxicidade dos sedimentos, bem como os locais mais contaminados e conseqüentemente, requerer mecanismos de ação imediata para a recuperação do sistema (ROSIU *et al.*, 1989). A utilização de várias espécies na avaliação da contaminação dos sedimentos dos ecossistemas é importante porque a sensibilidade das espécies varia conforme o agente tóxico e as condições ambientais (REINOLDSON & DAY, 1995). Os organismos testes incluem: algas, macrófitas, peixes, organismos bentônicos, epibênticos e invertebrados pelágicos (BURTON, 1992).

Para testes com amostras de sedimentos os organismos bentônicos são os mais indicados, pois vivem em contato direto com os sedimentos sólidos e águas intersticial (ZAGATTO, 1999). Além disso, existem dados sobre a sensibilidade de algumas espécies a poluentes, bem como dados sobre a biologia de determinadas espécies. Dentre os insetos aquáticos, organismos da família Chironomidae são extremamente adaptáveis a todos os tipos de ambientes, apresentando uma grande riqueza de espécies. Devido a estes fatores, dentre outros, os quiromídeos têm sido utilizado como organismos- teste na avaliação de toxicidade do sedimento (ELDER, 1990), e de sensibilidade à substâncias de referência (RODGHER, 1998).

1.3- Qualidades das Águas

A água constitui-se um elemento indispensável à sobrevivência de todos os organismos vivos, além disso, é extremamente importante para a manutenção do clima na Terra podendo apresentar qualidades variáveis, dependendo do local e das condições de sua origem. A variabilidade climática anual e sazonal no território brasileiro é significativa devido às suas dimensões sendo este o maior condicionante da disponibilidade hídrica e fator de sustentabilidade das atividades socioeconômicas. (HESPANHOL, 1999). Nas últimas décadas a água passou a sofrer profundas alterações em sua qualidade, isso devido ao crescimento acelerado da população mundial, que através de suas várias atividades polui e contamina os lençóis freáticos e a água superficial do planeta. As águas presentes em rios e lagoas ao serem contaminadas, passam a ser um grave problema ambiental (CETESB, 2008).

A qualidade da água é representada por um conjunto de características intrínsecas, geralmente mensuráveis. O conjunto de todos os elementos que a compõe assegura determinado uso ou o conjunto de usos, bem como permite o estabelecimento de padrões de qualidade e classificação da água (DERISIO, 2000). A qualidade destas águas superficiais constitui um importante fator no diagnóstico da bacia hidrográfica e atua como um parâmetro indicador dos impactos do uso e ocupação do solo (MARGALEF, 1983).

A qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e de ações antropogênicas, em função do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica, seja por meio de uma forma concentrada, com a geração de efluentes domésticos ou industriais, ou de uma forma dispersa com a aplicação de insumos agrícola e manejo inadequado do solo, contribuindo para a incorporação de compostos orgânicos e inorgânicos nos cursos de água e desta forma, alterando diretamente a sua qualidade” (CORADI; FIA; PEREIRA; RAMIREZ, 2009).

Uma das formas de se avaliar os impactos causados pela interferência humana em sistemas aquáticos é a caracterização da qualidade da água, possibilitando seu manejo de forma correta e, até mesmo, a sua remediação. O acompanhamento do estado dos recursos hídricos é de fundamental importância, pois é pela poluição que são inseridas substâncias nocivas, tóxicas ou patogênicas que modificam as características físicas, químicas e biológicas do meio ambiente aquático. A contaminação das águas superficiais por rejeitos oriundos das atividades humanas tem sido um dos maiores fatores de risco para a saúde

humana, especialmente em regiões com condições inadequadas de saneamento e suprimento de água (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2003). A entrada destes poluentes nos corpos hídricos altera os diversos componentes presentes na água, promovendo modificações em suas características físicas, químicas e biológicas.

A Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005), estabelece limites aceitáveis para diversos parâmetros na água, classificando o corpo hídrico de acordo com o seu uso. A classificação padroniza os corpos d'água e permite o estabelecimento de metas para se atingir o nível de qualidade desejada. Na Portaria 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2000), estão estabelecidos os limites aceitáveis para os parâmetros relacionados ao padrão de potabilidade. Esta portaria fixa normas, procedimentos e recomendações relativas ao controle da qualidade da água para abastecimento humano. Dentre as águas superficiais se encontram os ecossistemas lóticos e os ecossistemas lênticos, sendo que as principais diferenças entre estes ambientes incluem: existência, em ambientes lóticos, de um fluxo contínuo unidirecional; ausência de estratificação térmica e fluxo mais intenso de materiais e nutrientes (ROUND, 1965). Os ambientes lóticos são caracterizados por possuírem alto nível de heterogeneidade espacial (diferenças de profundidade e velocidade do fluxo) e temporal (variações das condições climáticas), fornecendo um habitat que difere dos ambientes lênticos, pois estão sujeitos às mudanças ao longo de seu percurso, associadas com as propriedades físicas e químicas do ambiente. Desta forma, ambientes lóticos formam um mosaico de habitats característicos, onde são encontradas espécies tipicamente adaptadas a eles (ROUND, 1965). Assim, as características dos sistemas lóticos estão intimamente ligadas à natureza da bacia de drenagem e as propriedades físicas, químicas e biológicas destes ambientes refletem as características da geologia, da vegetação, da ação antrópica e do declive do leito (HORNE & GOLDMAN, 1994). Almeida e Schwartzbold (2003) observam dois fatores relevantes que interferem na qualidade da água de um rio: o espacial e o sazonal. O fator espacial está associado à localização geográfica dos usos impactantes como as áreas agrícolas, indústrias e centros urbanos. Já o fator sazonal está associado às variações de pluviosidade e vazão, que interferem em variáveis como pH, turbidez, sólidos totais e em suspensão. A intensidade das alterações no solo e na água tem sua magnitude e abrangência reguladas pelo tipo de atividade desenvolvida e pela forma como é conduzida.

Segundo a Agência Nacional de Águas - ANA, o estabelecimento de um parâmetro que indique a qualidade das águas é uma ferramenta importante para nortear ações de planejamento e gestão (BRASIL, 2000).

A Política Nacional de Meio Ambiente, através da Lei 6.938/81, define poluição como sendo a degradação da qualidade ambiental decorrente de atividades que, direta ou indiretamente, prejudiquem a saúde, a segurança e ao bem-estar da população, além do mais, criem condições adversas às atividades sociais e econômicas, influenciem desfavoravelmente a biota, às condições estéticas e sanitárias do ambiente ou lancem matérias ou energias em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos (BRASIL, 2000).

Os poluentes podem ser inseridos no meio aquático de forma pontual ou difusa. As cargas pontuais são introduzidas por lançamentos individualizados, são facilmente identificadas e, portanto, seu controle é feito rapidamente. Já as cargas difusas não têm um ponto de lançamento específico, sendo assim é muito difícil o seu controle (BRAGA et al., 2005). Muitos desses poluentes emitidos são tóxicos por natureza e/ou pelas concentrações inadequadas em que são introduzidos ao meio, provocando efeitos crônicos e até letais para a biota local, sendo necessário um monitoramento ambiental. Os efeitos deletérios podem compreender alteração de comportamento, enfermidades que impedem a reprodução, anomalias nos descendentes, alta mortalidade em algumas espécies e aumento populacional em outras. Uma investigação minuciosa do ecossistema pode prever quando uma comunidade inteira será perturbada ainda que apenas uma parcela dos seus organismos seja sensível à toxicidade dos elementos lançados, já que os demais serão afetados de forma indireta, seja por mudanças na teia alimentar ou em certas relações mutualísticas. Esse fenômeno é denominado propagação de distúrbio (DOMINGUES e BERTOLETTI, 2006). Para Braga (2005), a poluição da água está associada com a alteração de suas características físicas, químicas ou biológicas, sejam elas ocasionadas por causas naturais ou provocadas pelo homem. Para Sperling (2005), poluição hídrica é o acréscimo de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alteram a natureza do corpo d'água de modo que prejudique os legítimos usos que dele podem ser realizados ou esperados. A poluição deve estar associada também com o uso que se faz da água (BRAGA, 2005).

2- OBJETIVO

2.1- Objetivo Geral

O presente estudo tem como objetivo apontar possíveis indícios de impactos proveniente do lançamento de isobutanol, metanol e octanol, no córrego Alegria da cidade de Uberaba/MG, causado pelo referido acidente.

2.2- Objetivos Específicos

- Avaliar a qualidade da água do córrego Alegria nos parâmetros de Condutividade Elétrica da Água, Potencial Hidrogeniônico e Oxigênio Dissolvido;
- Avaliar a toxicidade dos sedimentos do Córrego Alegria na espécie *Chironomus sancticaroli*.
- Relacionar os dados obtidos com possíveis impactos do derramamento de isobutanol, octanol e metanol.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

3.1- Local de Estudo

A cidade de Uberaba localiza-se no estado de Minas Gerais mais precisamente no Triângulo Mineiro, e está equidistante, num raio de 500 km, das principais cidades do País inclusive da capital do Estado. Sua posição geográfica é 19° 45' 27'' latitude sul e 47° 55' 36'' longitude oeste. Tem como municípios limítrofes: Uberlândia e Indianópolis (ao norte), Nova Ponte e Sacramento (a leste), Conquista, Delta, Água Comprida (ao sul) e Conceição das Alagoas e Veríssimo (ao oeste). A área superficial do município é de 4.540,51 km², e abriga uma população total de 310.051 habitantes (IBGE, 2014). O perímetro urbano da cidade possui 256 km² (PMU, 2012), sendo a 8º cidade mais populosa do Estado de Minas Gerais.

3.2 - Caracterizações da Área de Estudo

O Rio Uberaba é o principal corpo hídrico do Município de Uberaba, cruzando o município no sentido leste/oeste. Este rio constitui-se na principal fonte de água para o abastecimento humano da cidade, apresentando o agravante de não suprir a cota de abastecimento necessária no período de seca. Adicionalmente, é o corpo receptor da maior parte dos despejos urbanos e industriais in natura do município. Os rios que compõem a malha hidrográfica do município de Uberaba pertencem às Bacias do Rio Grande e Paranaíba destacando, como cursos d' água de maior extensão e volume, os rios Araguari, Cabaçal, Claro, Estiva, Grande, Tijuco, Uberaba e Uberabinha (RELATÓRIO AMBIENTAL DE UBERABA, 2005). A sub-bacia do rio Uberaba drena o município, sendo o rio Uberaba o principal corpo hídrico, atravessando-o no sentido de leste para oeste.

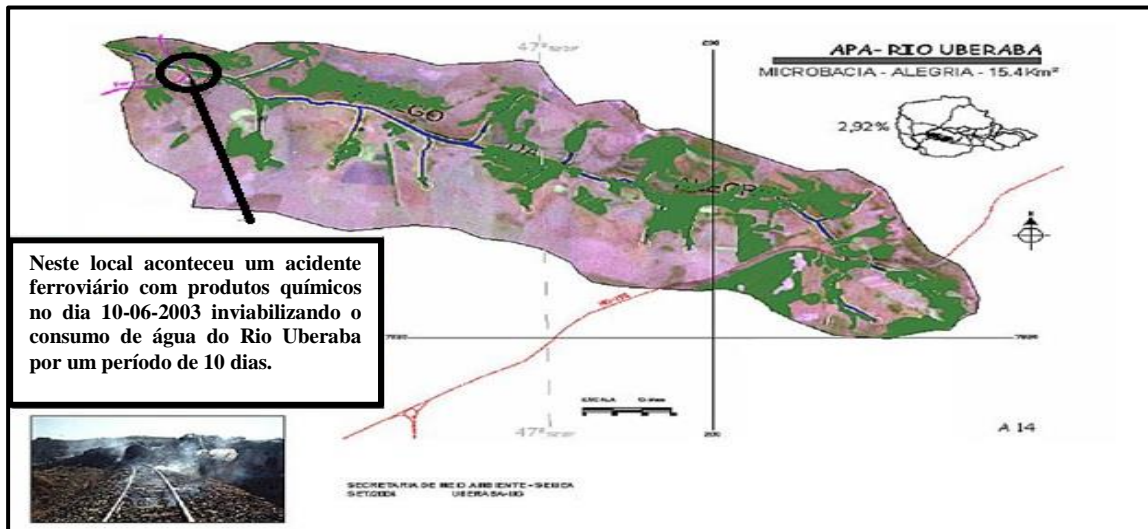
O rio Uberaba nasce numa região de planalto a uma altitude de 1.012 m, próximo ao trevo de Ponte Alta na BR-262 e percorre 140 km até sua foz no rio Grande, ocupando uma área total de 2.374,5 km² (UBERABA, 2005). Este rio constitui-se na principal fonte de água para o abastecimento humano da cidade com uma retirada de vazão diária legal de 0,9 m³/s (CODAU, 2005), apresentando o sério agravante de não suprir a cota de abastecimento necessária no período de seca. No período de estiagem, a vazão do rio Uberaba cai a ponto da captação do rio e dos poços não serem suficientes para atender à demanda, sendo necessário

um incremento de vazão por meio da transposição do Rio Claro. Em 28/09/2007, foi publicada na Imprensa Oficial do Estado de Minas Gerais a Portaria Única de Outorga nº 01592/2007 (MINAS GERAIS, 2007) autorizando os usuários de água da bacia do rio Claro a fazerem suas intervenções no recurso hídrico. A montante do ponto de captação de água do rio Uberaba para a cidade de Uberaba, a bacia ocupa uma área de 529,4 km² e concentra, atualmente, cerca de 75% da população urbana do município, tendo sido legalmente declarada como Área de Proteção Ambiental (APA) da Bacia Hidrográfica do Rio Uberaba (CODAU, 2005).

3.3- Localização e Caracterização da Microbacia do Córrego Alegria

A microbacia do córrego Alegria situa-se na região central da área de proteção ambiental do rio Uberaba (APA) e possui uma área total de 1.539,42 ha, correspondendo a 2,92 % da área total da APA. O ponto de menor cota está localizado na foz com o rio Uberaba (800 m) e o de maior, 900 m apresentando, portanto, uma amplitude de 100 m. A soma total de todos os seus cursos d'água atinge 17.104 m de comprimento medido no talvegue sendo que o curso principal, da nascente à foz, mede 8.520 m. Há treze nascentes perenes, o que representa 2,8% das nascentes contidas em toda APA, (RELATÓRIO AMBIENTAL DE UBERABA, 2005). O ponto de confluência situa-se a cerca de 20 km a montante do ponto de captação de água do município. De acordo com Torres *et al.* (2007), após conduzido minucioso levantamento dos índices morfométricos da microbacia do córrego Alegria, o fator forma (Kf) indica uma microbacia alongada, o que facilitaria o escoamento de água. Este fator associado à densidade de drenagem (Dd) repercute na eficiência da drenagem na bacia que é definida como a relação entre o comprimento total dos cursos de água e a área de drenagem e é expressa em km/km². Com um fator Kf pequeno (0,15) associado a uma densidade de drenagem de 1,10 km/km², que é um índice considerado baixo. Pode-se, portanto, afirmar que o formato alongado da microbacia diminui o risco de ocorrer enchentes na área (Figura 8). Por sua vez, a associação entre a densidade de drenagem à baixa declividade da microbacia causa poucos problemas com erosão ao longo e no leito do córrego. A microbacia do córrego Alegria encontra-se inserida no planalto arenítico basáltico da Bacia do Paraná (NISHIYAMA, 1989), e possui solos de textura média sendo classificados, de uma forma geral, como Latossolos Vermelho-Escuro (EMBRAPA, 2005).

Figura 8 - Microbacia do Córrego Alegria.

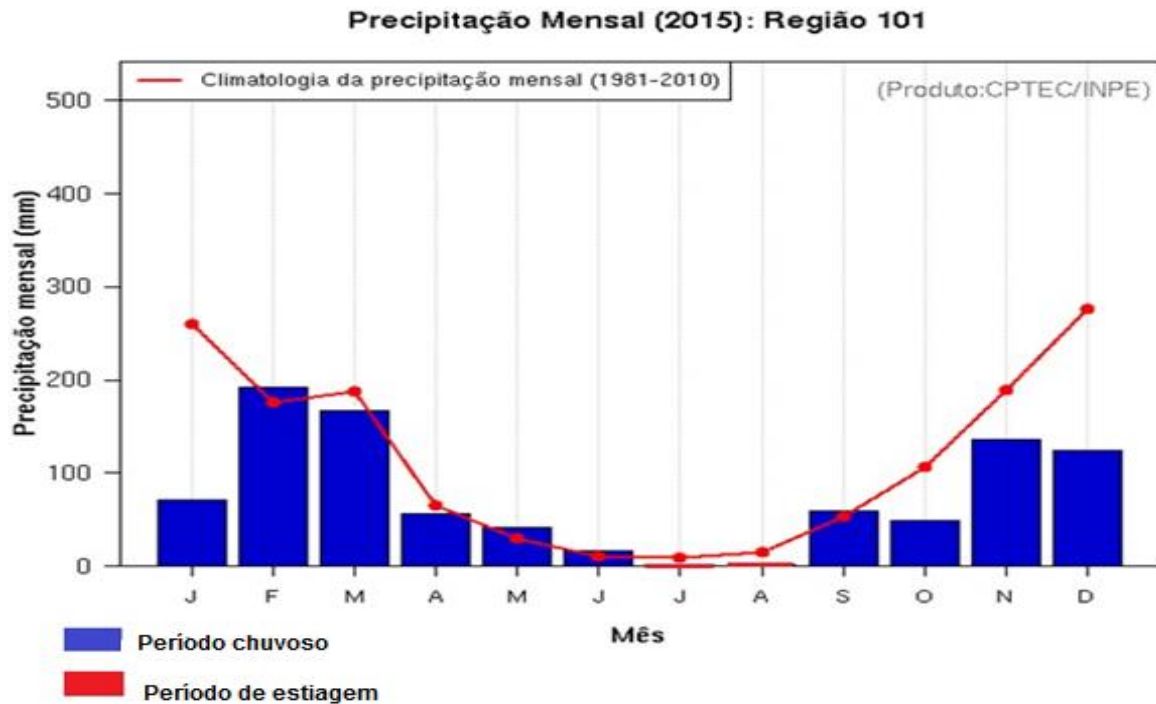


Fonte : UBERABA, 2000

3.3.1- Clima

Clima é a sucessão de diferentes estados do tempo que se repetem e se sucedem na atmosfera ao longo do ano em determinada região. Em Uberaba, MG, os regimes climáticos na região são o de inverno, que pode ser considerado como frio e seco; e o verão, como quente e chuvoso. O regime pluviométrico da região caracteriza-se por um período chuvoso de seis a sete meses, de outubro até março, sendo setembro e abril ou maio são meses de transição; e os meses de dezembro e janeiro são os mais chuvosos conforme mostra a figura 9. (ROSA et al., 1991). O regime térmico é caracterizado por uma temperatura média anual entre 20 e 24° C. Outubro e fevereiro são os meses mais quentes do ano, com temperaturas variando entre 21 e 35° C; e julho, o mês mais frio, com temperatura variando de 16 a 22° C. A temperatura média anual das máximas varia entre 27 e 30° C e as mínimas, entre 15 e 18° C (NETO, 2003).

Figura 9 – Precipitação Mensal de Chuvas na Região de Uberaba MG, no ano de 2015.



Fonte: <http://clima1.cptec.inpe.br/evolucao/pt>.

3.3. 2- Geologia Regional

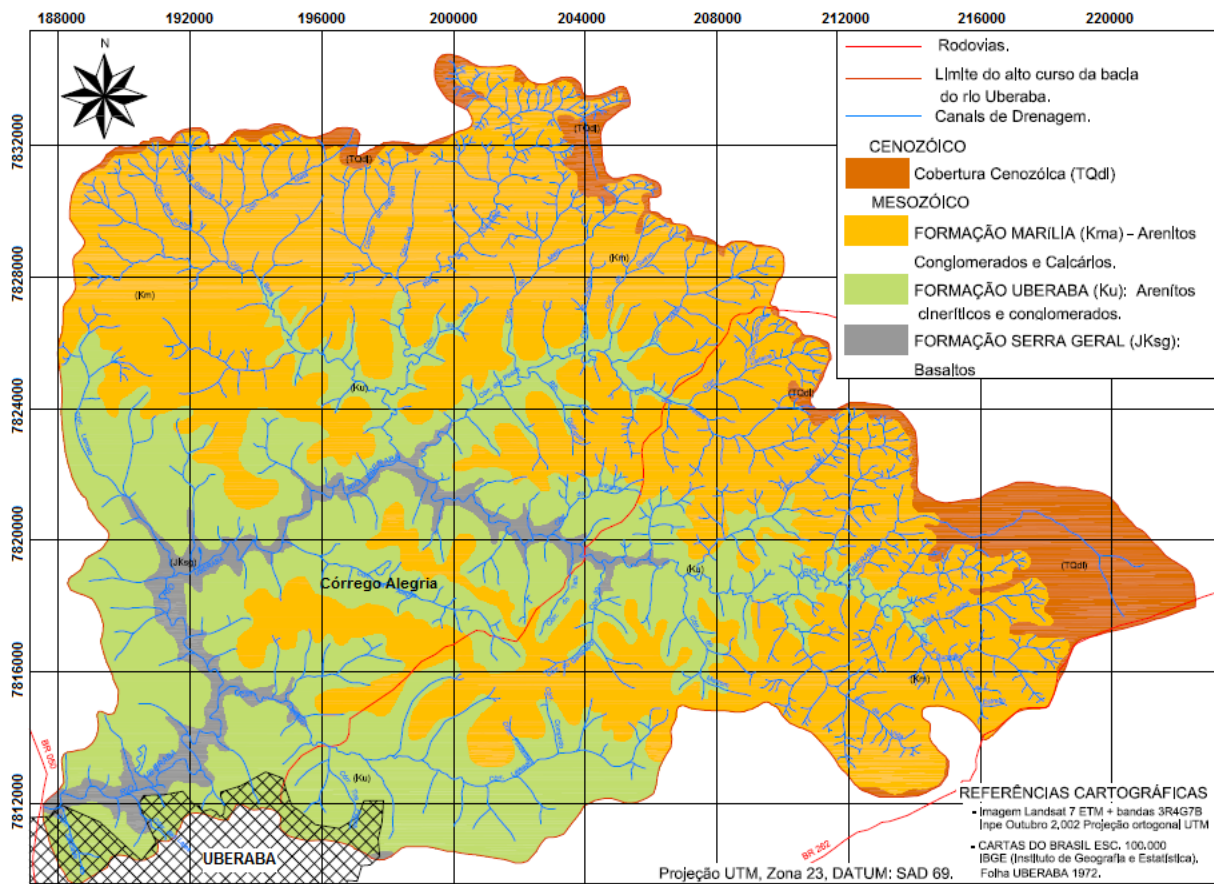
O relevo brasileiro é de formação antiga, resultante da ação de processos orogênicos e da alternância de ciclos climáticos, o que favoreceu o processo de erosão. Segundo classificação de Ross (1995), as unidades de relevo encontradas no Brasil podem ser divididas em planaltos, planícies e depressões.

“Os Planaltos são formas de relevo mais altas que ofereceram maior dificuldade à erosão. São encontrados em todas as regiões do Brasil. As Depressões são áreas rebaixadas em consequência da atividade erosiva, que se formam entre as áreas sedimentares e as estruturas geológicas mais antigas. Elas, também, ocorrem em todas as regiões do Brasil, destacando-se a depressão da borda leste da bacia do rio Paraná (Sul e Sudeste). As Planícies são unidades de relevo geologicamente recentes, formadas por deposição de material de origem marinha, lacustre e fluvial em áreas planas. Essas diversas

formas de relevo, associadas aos solos e climas existentes no Brasil, propiciaram o aparecimento de uma grande variedade de formações vegetais. Essa variedade geográfica confere ao país uma grande biodiversidade, calcula-se que o Brasil abrigue de 15 a 20% de todas as espécies animais e vegetais do planeta.” (TUCCI; HESPANHOL; NETTO, 2000).

O arcabouço geológico do Triângulo Mineiro pode ser dividido em duas grandes unidades: a leste, no domínio da Bacia São Franciscana, ocorrem rochas sedimentares e vulcânicas que se assentam sobre rochas metassedimentares neoproterozóicas do Grupo Bambuí e a oeste rochas magmáticas e sedimentares fanerozóicas da Bacia do Paraná. Regionalmente, o município de Uberaba/MG está inserido no contexto geotectônico da Bacia Bauru (HASUI e HARALYI, 1991 *apud* FERREIRA JÚNIOR e GOMES, 1999). O Grupo Bauru, designação formalizada por Almeida e Barbosa (1953), se sobrepõe em discordância erosiva à Formação Serra Geral. Subdivide-se nas formações Uberaba, na base, e Marília, no topo como mostra a figura 10.

Figura 10 - Estrutura Geologia da APA do Rio Uberaba



Fonte: ABDALA, 2005

Segundo Ferreira (1996) a Formação Uberaba estende-se por uma faixa de direção E-W, desde o município de Sacramento até Veríssimo, passando por Ponte Alta, Peirópolis e Uberaba, no médio e alto do vale do Rio Uberaba. É composta por rochas piroclásticas, onde os sedimentos são derivados de fontes vulcânicas preexistentes e associados a outras fontes não vulcânicas dispostas em estratos tabulares e lenticulares amalgamados (FERNANDES 1998). Esta formação se caracteriza pela presença de arenitos médios a muito finos, esporadicamente grosseiros, intercalados com siltitos, argilitos, conglomerados e arenitos conglomeráticos. No geral predomina sedimentos como arenitos e arenitos feldspáticos mal selecionados e angulosos e granulometria com areia muito grossa a fina. Existe uma grande imaturidade composicional dos sedimentos e as condições climáticas favoráveis levaram a um predomínio de processos físicos alterados (HASUI, 1991).

Segundo Neto (2003), na área em estudo, predominam os arenitos vulcânicos, com granulação média e pequenos seixos, que lhes conferem caráter conglomerático; siltitos e argilitos que estão presentes em leitos de espessura centimétrica e extensão restrita (Figura

11) há presença de rochas que contêm detritos provenientes da erosão de rochas vulcânicas preexistentes com fragmentos de origem não vulcânica como mostra a figura 12.

Figura 11- Basalto da Formação Uberaba na Calha do Córrego Alegria.



Fonte: Autora

Figura 12- Exposição de Rochas Fraturadas na Extensão do Leito no Córrego Alegria.



Fonte: Autora

3.3.3 - Uso e Ocupação do Solo

Em relação à cobertura vegetal, na microbacia do córrego Alegria, existem 554,59 ha de área coberta com vegetação nativa, significando 37,04% da área desta microbacia. Destes, 202,78 ha são consideradas área de preservação permanente (APP), sendo que a atividade produtiva predominante é a bovinocultura leiteira (RELATÓRIO AMBIENTAL DE UBERABA, 2005). Para Abdala (2005), o uso do solo existentes na bacia do alto curso do rio Uberaba é um misto de cerrado, pastagem e culturas localizadas de acordo com atividades agrícolas desenvolvidas em cada propriedade.

Considerando as características do córrego Alegria, trata-se de uma extensão (15,4 km), baixa vazão (média 2,92 L/s) e baixa profundidade (média 0,40 m), o que em períodos de seca pode diminuir as possibilidades de habitats e disponibilidade de alimento e substratos para as espécies bentônicas, uma vez que diminui o aporte de folhas que são carreadas ao longo do córrego. A velocidade da corrente de água afeta diretamente a distribuição de organismos em ambientes lóticos e indiretamente os diferentes tipos de substratos (RELATÓRIO AMBIENTAL DE UBERABA, 2005).

3.3.4- Procedimentos Metodológicos

Inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico dos aspectos científicos e legais envolvidos nesta pesquisa e, numa segunda etapa foram realizadas análises dos sedimentos e águas do córrego Alegria na Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (EESC-USP). A primeira etapa das amostras foi feita em maio de 2015 e repetida em agosto de 2015 para identificação de toxicidade em amostras de sedimentos e análises dos parâmetros físico e químico.

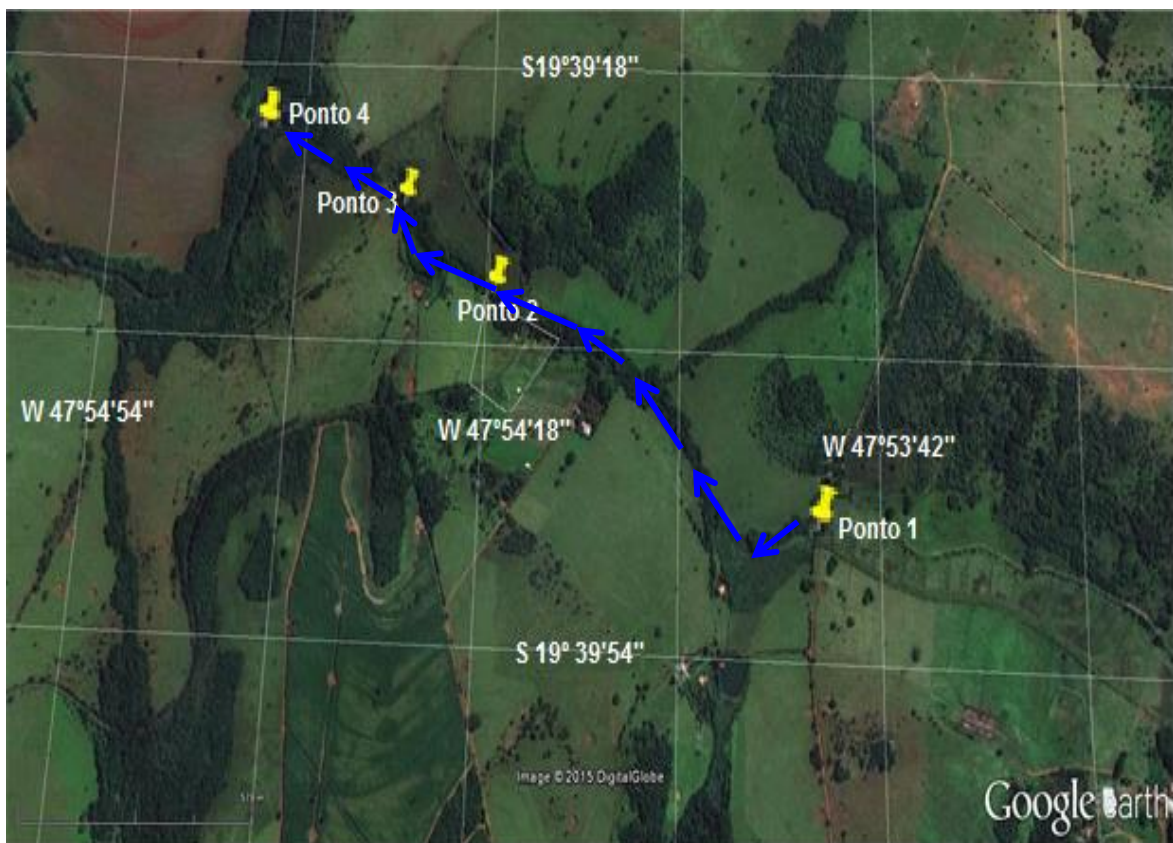
3.3.5- Estratégia de Amostragem de Água no Córrego

“As aferições analíticas de amostras são feitas diretamente de um corpo hídrico. O objetivo principal do monitoramento prioriza a segurança dos executores da tarefa. Em caso de morte de peixes por motivos desconhecidos, equipamentos especiais de segurança devem ser utilizados. O laboratório de medição ambiental deve ser cadastrado junto ao Sistema Estadual do Meio Ambiente – SISEMA – e adotar os procedimentos de controle de qualidade analítica,

necessários ao atendimento das condições exigíveis, conforme Deliberação Normativa – COPAM no 89/2005, requisitos imprescindíveis para a aceitação dos relatórios ou laudos pelos órgãos ambientais e outras autoridades” (SISAGUA, p. 7, 2009).

Foram analisadas amostras de água do córrego em quatro pontos estratégicos de acordo com a facilidade de acesso ao córrego (Figura 13). A primeira medição *in loco* foi realizada no ponto onde não há contaminação por álcoois, os demais pontos de aferição foram definidos por serem pontos possivelmente contaminados por álcoois. Todas as aferições foram devidamente georeferenciadas.

Figura 13 - Pontos de Coleta do Estudo.



Fonte: Google Eart

Figura 14 - Ponto de Coleta 1, a 500 m à Montante da Área Afetada.
Coordenada Geográfica- S. 19° 39' 775" O. 47° 53' 787".



Fonte: Autora

No ponto 1 (Figura 14), observa-se mata de galeria inundável com aproximadamente 2 m de largura, vegetação em bom estado de conservação em ambas as margens, com grande quantidade de folhas no leito do córrego, manutenção das espécies e corredores onde a fauna se movimentava para diferentes locais. Não apresenta ação antrópica mantendo-se até o presente momento conservada.

Figura 15 - Ponto de coleta 2, situado na área afetada diretamente pelo acidente.

“Coordenada Geográfica - S. 19°39'34 56” O. 47° 54' 1872”



Fonte: Autora.

O ponto 2 (Figura 15), ponto situado na área afetada diretamente pelo acidente encontra-se em propriedade particular, fazendo divisa com a rede férrea. Este ponto possui mata ciliar em regular estado de conservação em ambas as margens e pouca quantidade de folhas no leito do córrego apresenta-se impactada e está sob frequente monitoramento ambiental dos parâmetros químicos pela empresa poluidora. Nota-se a perda de vegetação natural devido à queima da mata ciliar ocasionado pelo referido acidente e ao pisoteio de animais bovinos, em alguns locais, observa-se natural recomposição da flora.

Figura 16 - Ponto de coleta 3 as margens do córrego Alegria.

“Coordenada geográfica- S. 19° 39' 775” O. 47° 54' 439”



Fonte: Autora.

No ponto de coleta 3 (Figura16) a 70 m à jusante da área em que ocorreu o acidente há presença de vegetação ciliar em regular estado, grande quantidade de sedimento fino em alguns pontos do leito do córrego, com maior entrada de iluminação solar e rochas expostas.

Figura 17 - Ponto de Coleta 4 Situado na Confluência do Córrego Alegria e Rio Uberaba.

“Coordenada geográfica- S. 19° 39' 232” O. 47° 54' 3982”



Fonte: Autora

O ponto de coleta 4 (Figura 17) está situado no local de deságua do córrego Alegria, revelando a reconstituição natural da mata nativa seguida de solo arenoso. A vegetação do lado esquerdo do rio Uberaba apresenta-se com formação, arbustivas, rasteiras e também com espécies lenhosas de várias famílias. Podem ser citadas, entre outras: o pequi (*Caryocar brasiliense*), o murici (*Byrsonima crassifolia*), o barbatimão (*Stryphnodendron adstringes*), o pau-terra (*Qualea grandiflora*), o pau-de-tucano ou mandiocão (*Vochysia tucanorum*), a colher-de-vaqueiro (*Salvertia convallariaeodora*), o jatobá (*Hymenaea courbaril*) e várias espécies de araticum (*Annona spp*). (RELATÓRIO AMBIENTAL DE UBERABA, 2005).

3.3.6 - Amostragem de Sedimentos no Córrego Alegria

As coletas dos sedimentos foram realizadas nos mesmos pontos de amostragem das águas, no córrego Alegria. Foram coletados 300 gr de cada amostra, acondicionados em potes de vidros ambientado com a água do córrego (Figura 18) etiquetado com data, horário e georreferenciamento, lacrados, refrigerados em caixa de isopor com gelo e posteriormente conduzidas ao laboratório da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (EESC-USP) para análises. As amostras dos sedimentos em ambas coletas foram realizadas

com auxílio de uma draga em maio de 2015 no período da manhã com o tempo nublado nos últimos cinco dias. A segunda coleta foi realizada no mês de agosto de 2015 com o tempo seco nos últimos 30 dias.

Figura 18- Coleta de Sedimentos no Ponto 2 no Córrego Alegria.



Fonte: Autora

3.3.7- Manutenção dos Organismos Teste

Os organismos testes utilizados foram da espécie *Chironomus santicaroli* cujos exemplares foram obtidos em cultura mantida no laboratório da Universidade de São Paulo, campus São Carlos. A espécie de *Chironomus* tem sido alvo de estudos ecotoxicológicos sendo fácil a manutenção desta espécie, as criações das larvas foram realizadas seguindo os métodos de manutenção modificados por Fonseca (1997). O equipamento utilizado para o cultivo de *Chironomus Santicaroli* com sedimentos foram bandejas, tela de nylon e bancada utilizada nos bioensaios de toxicidade. As condições do teste foram iguais as de cultivo das larvas, com foto-período de 12 horas e temperatura de 22-26 °C. O procedimento adotado nos testes com a espécie foi a recomendada por Fonseca (1997) e Strixino & Strixino (1995).

3.3.8 - Método para Teste de Toxicidade Utilizando-se Larvas do Inseto *C. santicaroli*

Testes de toxicidade são ensaios laboratoriais, realizadas sob condições experimentais específicas e controladas, utilizadas para estimar a toxicidade de substâncias, efluentes

industriais e amostras ambientais (águas ou sedimentos). Nesses ensaios, organismos-testes são expostos a diferentes concentrações de amostra e os efeitos tóxicos produzidos sobre eles são observados e quantificados. Enquanto as análises químicas identificam e quantificam as concentrações das substâncias tóxicas, os testes de toxicidade avaliam o efeito dessas substâncias sobre sistemas biológicos (COSTA, et al., 2008).

Foram testados sedimentos de 4 pontos do córrego e foi realizado o teste controle utilizando-se um sedimento esterilizado. O sedimento controle foi obtido a partir de areia fina comum, lavada em água corrente e levada à estufa por 4 horas a 60 °C. Os testes controle foram realizados pela utilização de água deionizada e sedimento esterilizado.

Nos testes de toxicidade agudo utilizou-se 10 larvas de IV instar (4ª fase da larva) com 3 réplicas e as larvas foram alimentadas no início do teste e mantidas sem aeração por 96 horas. As larvas foram alimentadas com 20 mL de solução contendo 1 litro de água destilada e 5,0 g de ração para peixe triturada tipo (Tetramim ®) de acordo com métodos padronizados por Dornfeld (2001).

Nas amostras de sedimento coletada no ponto 1, ponto de controle, onde que possivelmente não tem contaminação por álcoois e ponto 4 a jusante com o rio Uberaba onde há maior diluição de contaminantes, foram colocados na bandeja de cultivo 10 larvas de *C. sancticaroli* para bioensaio de toxicidade, nesta as 10 larvas permaneceram vivas dentro do tempo estimado. Foram feitas 3 réplicas que alcançou os mesmos resultados, ficando evidente que nestas condições não foi observado a presença de resíduo contaminantes que possa interferir na sobrevivência dos organismos.

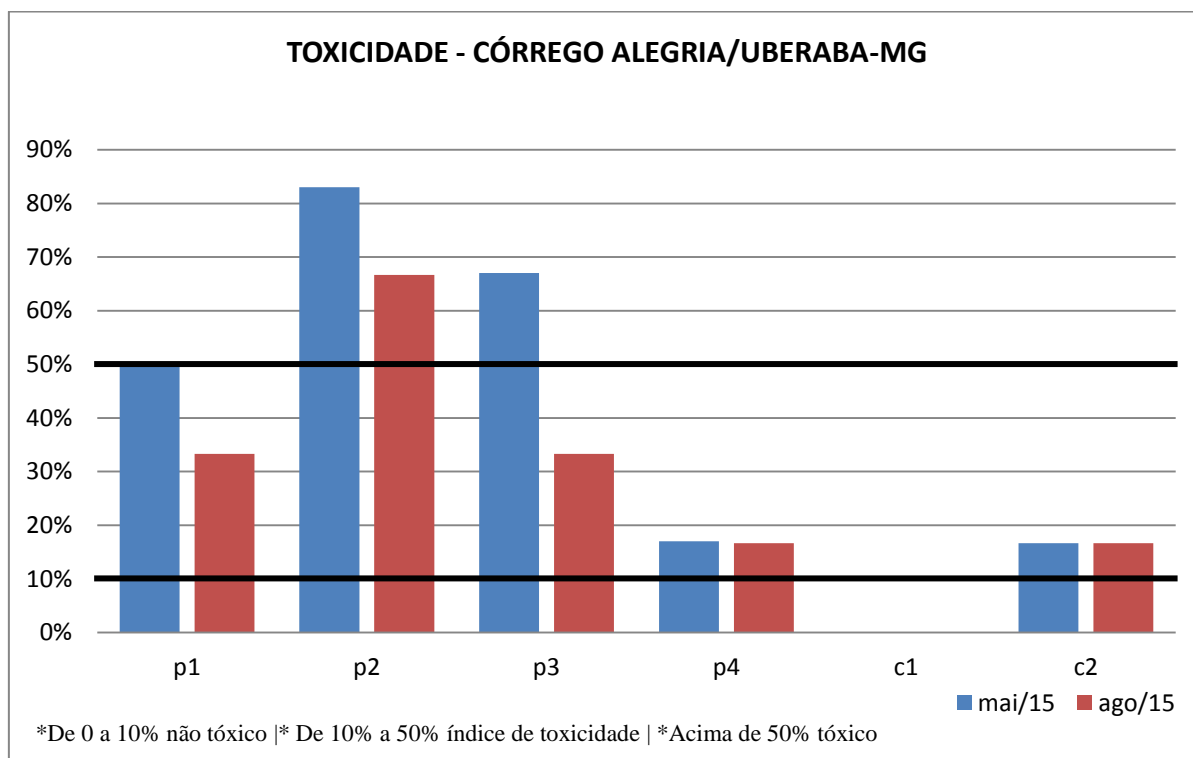
4 – RESULTADOS

4.1- Bioensaios Ecotoxicológicos

Os bioensaios ecotoxicológicos foram realizados em maio e agosto de 2015, considerando amostras coletadas em quatro pontos do córrego Alegria Uberaba- MG, em tempo chuvoso e de estiagem. Os bioensaios foram realizados visando a obtenção da CL(50), isto é, a concentração em que se observa a mortalidade de 50% ou mais dos organismos–teste expostos. Neste estudo utilizou a CL(50) para indicação da estação da coleta com característica tóxicas ($CL(50) > 50\%$, indícios de toxicidade ($0 < CL(50), 50\%$) e não tóxica ($CL(50) = 0$). Os bioensaios de toxicidade aguda foram realizados empregando-se a metodologia descrita por FONSECA (1997) para *C. sancticaroli* representado no gráfico a seguir:

No gráfico abaixo (Gráfico 1) é apresentado os resultados dos testes de toxicidade aguda com a espécie *Chironomus sancticaroli*, respectivamente nas estações chuvosa e de estiagem, para os resultados obteve-se: Ponto 1 (50 % e 33%), apresenta indicio de toxicidade em ambas estações , no ponto 2 (83% e 67 %), apresenta-se tóxico em ambas estações, no ponto ponto 3 (67% e 33%), apresenta-se tóxico na estação chuvosa, no ponto 4 (17% e 16,67%) apresenta-se indicio toxicidade em ambas estações.

Figura 19- Porcentagem de Mortalidade das Larvas de *Chironomus sancticaroli* Expostas aos Sedimentos do Córrego Alegria Uberaba- MG em Maio e Agosto de 2015.



Fonte: Autora

4.2- Qualidade Hídrica

A água é um recurso de fundamental importância para os organismos vivos e imprescindíveis às diversas atividades humanas, sendo que as atividades antrópicas podem promover o comprometimento da qualidade dos recursos hídricos.

O conhecimento sobre a qualidade hídrica dos cursos d'água de uma bacia hidrográfica é de extrema importância, pois possibilita inferir sobre as condições da bacia hidrográfica como um todo (CAMINHOS DA GEOGRAFIA, 2003). A bacia hidrográfica do Rio Uberaba chama a atenção dos vários segmentos da sociedade local e regional, devido a ações antrópicas, ocasionando graves problemas ambientais.

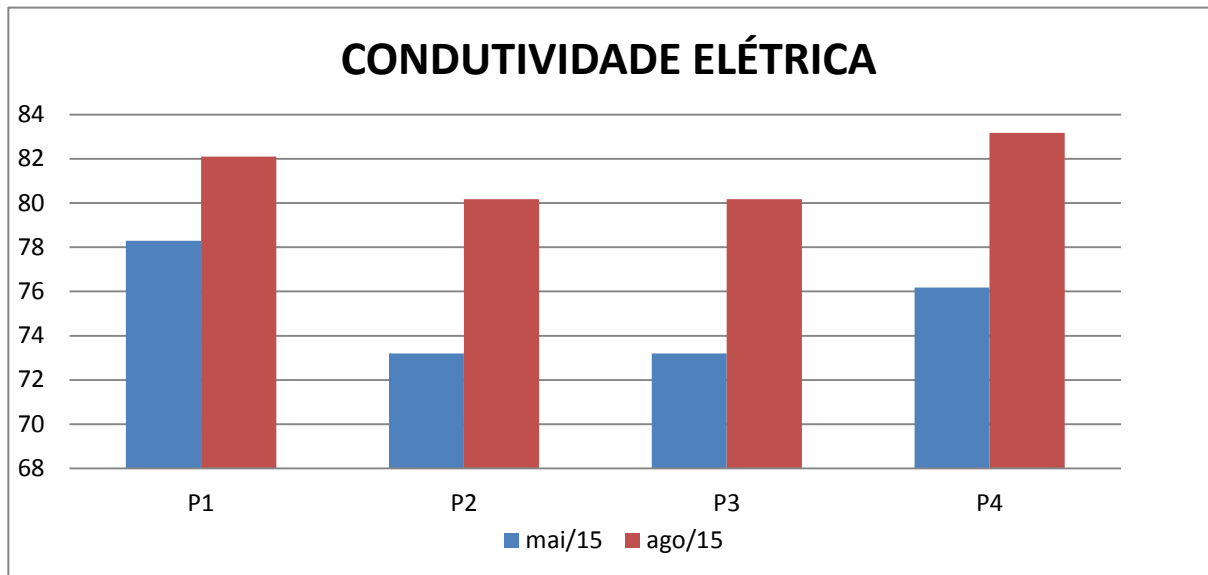
O Projeto Água de Minas, desenvolvido pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) em 1997 e conduzido pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) desde 2001, tem o objetivo de monitorar a qualidade das águas superficiais do Estado, através de informações sobre o Índice de Qualidade de Água (IQA) e Contaminação por Tóxicos (CT).

Para a bacia do rio Grande o monitoramento é realizado em 72 pontos, dos quais apenas dois estão localizados na bacia do rio Uberaba. A única estação de monitoramento da qualidade das águas do rio Uberaba dentro dos limites da APA é a BG058 (implantada em 02/03/2000), situada a cerca de 16 km a montante da foz do córrego Alegria e cujas coordenadas geográficas são: 19° 39'29, 585" (latitude) e 47° 49' 35,404" (longitude) (IGAM, 2013). De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), no âmbito Federal, assim como na esfera do Estado de Minas Gerais, através da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 2008 (MINAS GERAIS, 2008), nos artigos 42 e 37, respectivamente, enquanto aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, sendo que o Estado complementa o texto: "exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente". Atualmente o córrego Alegria está enquadrado na classe 3, sendo considerado impróprio para o consumo humano e animal, devido a possibilidade dos contaminantes estarem retidos no subsolo e por encontrar-se interditado pela Ferrovia Centro Atlântica – FCA.

A poluição das águas tem como origem diversas fontes, sejam elas domésticas comerciais ou industriais. De um modo geral, são adotados parâmetros químicos, físicos e biológicos para um adequado monitoramento que permitem caracterizar a qualidade da água e o grau de contaminação dos corpos d'água. Para o estudo em questão foi analisado a Condutividade Elétrica da Água (CE), Potencial Hidrogeniônico (pH) e Oxigênio Dissolvido (OD).

A condutividade elétrica é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica na água. Porém, deve-se notar que oscilações na condutividade da água, ainda que não causem dano imediato ao ser humano, indicam uma possível contaminação do meio aquático por efluentes industriais e assoreamento acelerado de rios por destruição da mata ciliar (SCHIEL, MASCARENHAS, VALERAS & SANTOS, 2002). De acordo com a CETESB (2008), na legislação brasileira não existe limite estabelecido para este parâmetro. De acordo com o gráfico 2, pode-se observar um aumento dos valores de condutividade elétrica da água no período chuvoso nos pontos 1 e 4, e um sensível aumento no ponto 4 no período de estiagem.

Figura 20 – Variação de Condutividade Elétrica ao Longo dos Pontos (1,2,3 e 4) no Córrego Alegria.

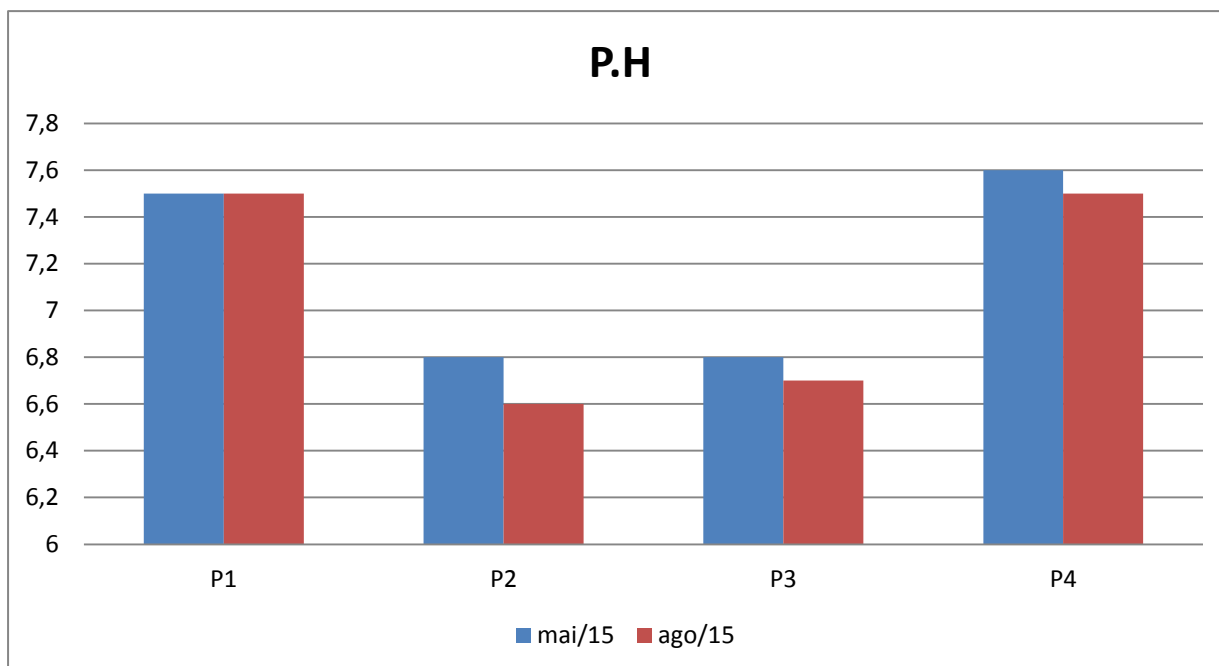


Fonte: Autora

O pH representa a concentração de íons H^+ promovendo uma condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade na água. A faixa de pH é de 0 a 14. O constituinte responsável pelo pH ocorre na forma de sólidos dissolvidos e de gases dissolvidos (SPERLING, 2005). A sua origem natural deve-se à dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, à oxidação da matéria orgânica e à fotossíntese. A sua origem antropogênica deve-se aos despejos domésticos ou industriais. Os valores afastados da neutralidade podem afetar a vida aquática. Os valores muito altos podem estar associados à proliferação de algas. A neutralidade ocorre com pH igual a 7,0. Valores abaixo disso causam condições ácidas e valores acima condições básicas (SPERLING, 2005).

É possível observar (Gráfico 3) que os valores pH variam de 6,6 a 7,6 nos meses chuvoso e de estiagem, com isso, percebe-se que o nível pluviométrico não influenciou significativamente nos resultados obtidos de pH. Esse resultado indica que o córrego Alegria possui a tendência de manter o pH estável apesar das variações de vazão e de concentração de matéria orgânica e sedimentos.

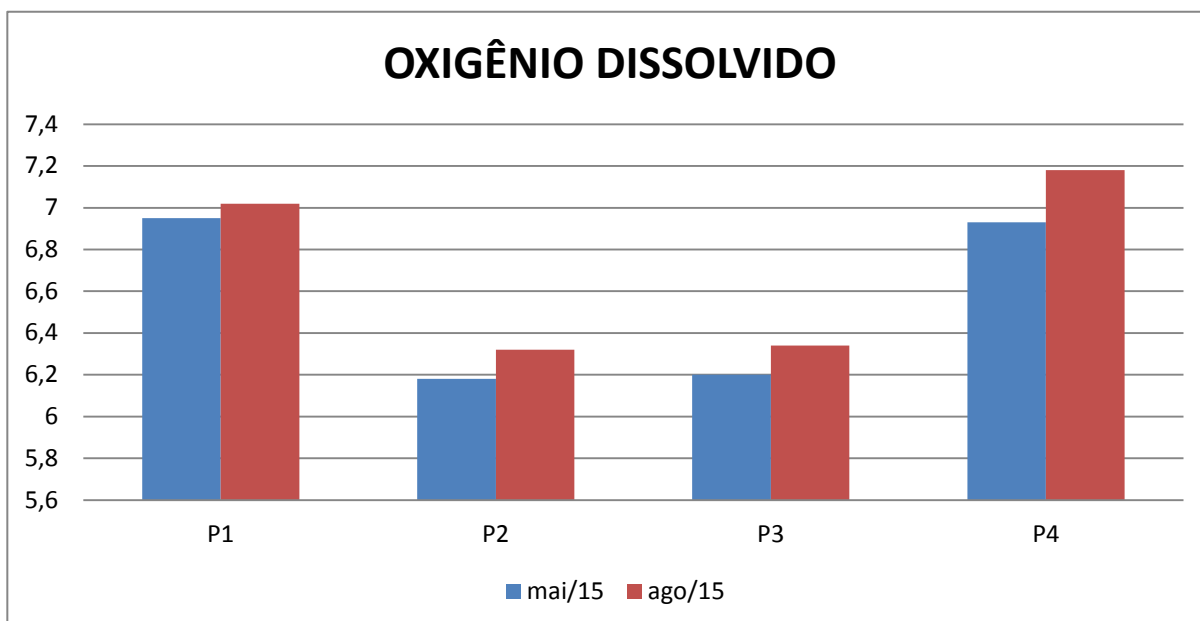
Figura 21 – Variação de PH ao Longo dos Pontos (1, 2,3 e 4) no Córrego Alegria.



Fonte: Autora

O Oxigênio Dissolvido (OD) é de fundamental importância para os organismos aeróbios, como, por exemplo, os peixes que precisam do oxigênio dissolvido na água para a sua sobrevivência (FUZINATTO, 2009). As baixas concentrações de oxigênio dissolvido são indícios de processos de oxidação de substâncias lançadas nos rios. Quando se considera apenas a concentração de oxigênio dissolvido, as águas poluídas tendem a serem aquelas que apresentam baixa concentração de OD, devido ao seu consumo na decomposição de compostos orgânicos. Enquanto que, as águas limpas tendem a apresentar concentrações de OD elevadas, atingindo níveis pouco abaixo da concentração de saturação (FUZINATTO, 2009). De acordo com o gráfico 4, observa-se que os valores de Oxigênio Dissolvido (OD) estão dentro do valor estipulado para rios de classe II. Conforme a resolução CONAMA N° 357, os valores de Oxigênio Dissolvido (OD) não devem ser inferiores a 5 mg/L (para rios de classe II). Nos pontos 1 e 4 (Gráfico 4), em ambas as coletas, verifica-se uma situação interessante: o alto valor verificado na comparação com os demais pontos (2 e 3). Uma possibilidade de explicar tal fato é a possível presença de algas resultando num aumento abrupto na produção pontual de oxigênio, causado pela fotossíntese, ou seja, a síntese de matéria orgânica é superior à sua respectiva oxidação (respiração).

Figura 22 – Variação de Oxigênio Dissolvido (OD) ao Longo dos Pontos (1, 2, 3 e 4) no Córrego Alegria.



Fonte: Autora

5- DISCUSSÃO

O sedimento fornece o habitat para muitos organismos e pode ser considerado como o maior depósito de compostos químicos persistentes que são introduzidos na coluna d'água por ação antrópica. Quando contaminado, o sedimento pode ser diretamente tóxico para a vida aquática ou pode ser uma fonte de contaminantes, ocasionando efeitos agudos ou crônicos, com implicações na cadeia trófica, incluindo a bioacumulação (USEPA, 2000).

Para avaliar a toxicidade de sedimentos, os bioensaios de toxicidade têm se tornado importantes ferramentas, sendo frequentemente utilizados em programas de monitoramento, regulamentações e pesquisas científicas. Os bioensaios de toxicidade com sedimentos podem ser relativamente simples, sendo utilizados para reconhecer os efeitos da toxicidade do sedimento, podendo fornecer uma rápida e integrada medida do potencial tóxico dos contaminantes ligados ao sedimento (LONG *et al.*, 2001). Algumas recomendações são essenciais ao desenvolvimento de um bioensaio, destacando-se a qualidade das culturas dos organismos que serão testados, avaliação esta que é efetuada pelos testes de sensibilidade realizados com substâncias de referência. Estes testes têm sido utilizados para fornecer três tipos de informações relevantes para a interpretação dos dados dos bioensaios de toxicidade: (1) um indicativo da saúde relativa dos organismos utilizados, (2) uma demonstração de que o

laboratório pode executar os procedimentos dos bioensaios de uma maneira reprodutível e (3) informar se a sensibilidade de uma linhagem ou de uma população em uso no laboratório é comparável àquelas usadas em estudos anteriores (USEPA, 2000).

O número de variáveis a ser utilizado no programa de monitoramento depende de seus objetivos. Para Brasil (2005), as variáveis para programas de monitoramento da qualidade da água são indicadores biológicos que representam a diversidade, abundância, estabilidade e condições fisiológicas das populações de organismos aquáticos, que são dependentes das características físicas e químicas dos corpos hídricos;

6- CONCLUSÃO

Não existem dados na literatura sobre a relação entre comunidades aquáticas e as variáveis físicas-químicas monitoradas no córrego Alegria afluente do rio Uberaba. É indispensável priorizar aspectos que atentem para a concepção de ações focadas em restauração da área afetada, visando dar respostas ao meio ambiente ecologicamente equilibrado. Dessa forma, o monitoramento ambiental sintetizado neste trabalho, visou o estudo de toxicidade em sedimentos associados com os parâmetros físico-químico da água, e com a caracterização local.

As análises de monitoramento ambiental integrado levantou as seguintes afirmações: é possível avaliar a qualidade dos ecossistemas com os bioindicadores, sendo que, quanto mais bioindicadores forem utilizados, melhor será a resposta a respeito da qualidade ambiental. O ecossistema do córrego Alegria encontra-se impactado nos pontos 2 e 3, característica de uma ação antropogênica acidental pela Ferrovia Centro Atlântica – FCA em junho de 2003.

Neste trabalho verificou-se os seguintes impactos ambientais: lançamento de produtos químicos perigosos nas proximidades do leito do córrego, como isobutanol, metanol e octanol, o que proporcionou perda da qualidade da água e perda da biota. Quanto a porcentagem de mortalidade das larvas de *Chironomus sancticarolli* exposta no gráfico 1, nos dá uma resposta clara de toxicidade associado a vazão das águas e a baixa concentração de nutrientes no pontos 2, local direto do acidente e ponto 3, a 70 m do acidente. As análises da qualidade da água para os parâmetros físicos e químicos no córrego Alegria mostram que estão dentro dos padrões da normalidade pelos órgãos competentes, porém, pode se observar, uma queda significativa dos parâmetros analisados na estação chuvosa, provavelmente por estes contaminantes estarem retidos na franja capilar, depositados nas fraturas das rochas na ocasião do acidente, que possivelmente se movimentam conforme o afloramento do lençol freático tornando o ponto 2 impróprio para a biota local.

Nestas condições de análises não há como prever os efeitos negativos ao meio ambiente, para uma análise mais acurada, seriam necessárias varias coletas de amostras de sedimentos e análise dos parâmetros físico e químico da água em dias e horários diferentes, considerando as variações dos períodos de estiagem e chuvoso. Portanto, o estudo mostra a necessidade de mais pesquisas para se conhecer os efeitos desta mistura de substâncias na biota aquática, porém sugere-se um monitoramento mais apurado de responsabilidade da empresa poluidora e uma fiscalização rigorosa feita pelos órgãos públicos competentes para

remediação e restauração da área, adaptados a outros processos de tratamento que complementem a remoção dos contaminantes.

7- REFERÊNCIAS

ABDALA, V. L. **Zoneamento Ambiental da Bacia do Alto Curso do Rio Uberaba-MG como Subsídio para a Gestão do Recurso Hídrico Superficial**. . Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais. 2005, p. 73.

ALMEIDA, F. F. M. de & BARBOSA, O. **Geologia das quadrículas de Piracicaba e Rio Claro**. Bol. Div. Geol.Min. (Rio de Janeiro), DNPM, n. 143, p. 1-96, 1953.

ALMEIDA,M.A.B.; SCHWARZBOLD,A. **Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA)**. Revista brasileira de recursos hídricos, v.8, n1,p.81-97, 2003

BARBOSA, L. C. A. **Química Orgânica: Uma Introdução para as Ciências Agrárias e Biológicas**, UFV, 2003, p.176-183.

BERTOLETTI, E. **Controle Ecotoxicológico de Efluentes Líquidos no Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2008. p. 18 (Série Manuais) Disponível em:
<http://cetesb.sp.gov.br/home/wp-content/uploads/sites/11/2015/06/manual-controle-ecotoxicologico-2013.pdf>. Acesso em maio, 2015.

BRAGA, B; HESPANHOL, B.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

BRASIL / 2000. Lei n° 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências**. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: setembro, 2015.

BRASIL/ 2000. **Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama n. 357, 17 de março de 2005**. Disponível em:
<www.mma.conama.gov.br/conama>. Acesso em: 20 jul. 2015.

BRASIL/ 2005. **Agência Nacional Das Águas. Portal da Qualidade das águas.** Disponível - <http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/introdu%C3%A7%C3%A3o.aspx>>. Acesso em: setembro, 2015.

BURTON JR,G.A. **Sediment Toxicity.** Assessment. Chelsea, Lewia Publisher.

CAIRNS JR, J.; NIEDERLEHNER, B. R.; BIDWELL, J. R. (1998). Ecological toxicity testing. In: MEYERS, R. A., ed. **Encyclopedia of Environmental Analysis and Remediation.** John Wiley & Sons, Inc.

CAMINHOS DE GEOGRAFIA, v. 14, n. 45 Mar/2013 p. 01–11

Disponível em: revista on line <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia>. Acesso março, 2016.

CARLOS E. M. TUCCI, IVANILDO HESPANHOL E OSCAR DE M. CORDEIRO NETTO, A GESTÃO DA ÁGUA NO BRASIL: **uma primeira avaliação da situação atual e das perspectivas para 2025**, p. 27. 2000

CETESB. Companhia de tecnologia de saneamento Ambiental, **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo**, 1986, p.285.

CETESB, São Paulo. **Guia de orientação para coleta e preservação de amostras.** São Paulo, 2003.

CETESB. **Companhia Ambiental do Estado de São Paulo** 2008, Disponível em: http://www.licenciamento.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=octanol.

CHEMFINDER, **Chemical Database and Internet Searching.** Disponível em <http://chemfinder.cambridgesoft.com>. Acesso em junho de 2015.

CODAU, **Projeto Água Viva - Relatório de Avaliação Ambiental.** Uberaba, 2005. Disponível em: http://www.uberaba.mg.gov.br/portal/acervo/agua_viva/arquivos/avaliacao_ambiental/Relatorio%20Ambiental%202.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2016.

CORADI, P.C.; FIA, R.; PEREIRA- RAMIREZ, O. **Avaliação da Qualidade da Água Superficial dos Cursos de Água do Município de Pelotas-RS. *Ami-Água, Taubaté*, v. 4, n. 2, p. 46-56, 2009.**

COSTA, C. R. et al. **A Toxicidade em Ambientes Aquáticos: Discussão e Métodos de Avaliação. *Química Nova*, v. 31, n. 7, 2008, p. 1820-1830.**

DERISIO, J. C. **Introdução ao controle da poluição ambiental**, , São Paulo: 2º ed. Signus, p 75, 2000.

DOMINGUES, D. F., BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia Aquática – Princípios e Aplicações. In: Seleção, Manutenção e Cultivo de Organismos Aquáticos. São Carlos: Rima, 2006. p. 153-183.**

DORNFELD,C.B.;MASUTTI,M.B.;ANDRADE,C.A.;ALMEIDA,C.A.;SILVÉRIO,P.F.
Caracterização Ecotoxicológica do Sedimento da Represa do Lobo (Itirapina-Brotas, SP) e seus Tributários;In Espindola, E.L.G ed. Impactos Ambientais em Recursos Hídricos: Causa e Consequências, p. 245-259, Rima editora, 2001.

ELDER,J.F. **Applicability of Ambient Toxicity Testing to National or Regional water Quality assessment**,p 49.U.S Geological Survei Circular. Denver,V.1049, 1990.

EMBRAPA- **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 2005. Disponível em www.unimep.br/mostraacademica/anais/4. Acesso maio 2015.

FERREIRA Jr., P. D. **Modelo Depositional e Evolução Diagenética da Formação Uberaba, Cretáceo Superior da Bacia do Paraná, na Região do Triângulo Mineiro**, 1996. 175 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto.

FERNANDES L. A. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)**. Tese (Doutorado em Geociências). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1998, 216 f.

FONSECA, A.L. **Avaliação da Qualidade da Água na Bacia do Rio Piracicaba/SP Através de Testes de Toxicidade com Invertebrados**. São Carlos. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 1997, 217p.

FÖRSTNER ,U.;SALOMONS,W.; STIGLIANI,W.M. **Em Biogedynamics of Pollutants in Soils and Sediments**; Berlim, 1995.

FUNASA – MINISTÉRIO DA SAÚDE/FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE, **Cianobactérias Tóxicas na Água para Consumo Humano. Impactos na Saúde Pública e Processos de Remoção em Água para Consumo Humano**, 56p. FUNASA/MS, Brasília, Brasil, 2003.

FUZINATTO, C. F. **Avaliação da Qualidade da Água de Rios Localizados na Ilha de Santa Catarina Utilizando Parâmetros Toxicológicos e o Índice de Qualidade de Água**. Florianópolis: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Santa Catarina. 2009.

HASUI, Y.; HARALYI, N. L. E. **Aspectos litoestruturais e geofísicos do Soerguimento do Alto do Paranaíba**. *Geociências*, v. 10, p. 57-77, 1991.

HESPANHOL, I., 1999. Água e saneamento Básico; uma visão realista. In: Rebouças, A C.; Braga, B.; Tundisi, J. G. **Águas Doces no Brasil** capítulo 8. Escrituras São Paulo p249-303

HORNE, A. GOLDMAN, C.R. *Limnology*. Mc. Gram Hill. Inc., 1994. Disponível em: http://capacitacao.ana.gov.br/Lists/Cursos_Anexos/Attachments/32/Par%C3%A2metros.pdf
Acesso em abril, 2016

HSDB – **HAZARD SUBSTANCES DATA BASE – Methanol**. Disponível on line em: <http://toxnet.nlm.nih.gov> Acesso em fevereiro de 2015.

IBGE – **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**. Contém tabelas e gráficos com diversas informações sobre todas os municípios brasileiros, 2010. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em julho, 2015.

IGA/MG- **Instituto de Geociências Aplicadas de Minas Gerais** - 2002, Disponível em: <https://www.mg.gov.br/governomg/portal/m/governomg/governo/estrutura governamental/autarquias/5871-instituto-de-geociencias-aplicadas-iga/5799/5040>. Acesso em setembro 2015.

INMETRO. Disponível em http://www.inmetro.gov.br/metcientifica/MRC/8653_cachaca.pdf. Acesso: Agosto de 2015

LICHT, O. A. B. **“Prospecção Geoquímica: Princípios, Técnicas e Métodos”**. CRPM: Rio de Janeiro, 1998.

LONG, E.R.; HONG, C.B.; SEVERN, C. (2001). Relationships between acute sediment toxicity in laboratory tests and abundance and diversity of benthic infauna in marine sediments: a review. **Environ. Toxicol. Chem.** v.20. p. 46-60.

MARGALEF, R. Limnologia. Barcelona: OMEGA. 1983.

MARIANO, A. P.; ANGELIS, J. F.; BONOTTO, D. M. **Monitoramento de indicadores geoquímicos e avaliação de biodegradação em área contaminada com óleo diesel**, v. 12, n.3, p. 296-304, 2006b.

MENEGHETTI, L. **Biorremediação na Descontaminação de Um Solo Residual de Basalto Contaminado com Óleo Diesel e Biodiesel**. Dissertação (Mestrado em Engenharia: área de concentração: Infra-estrutura e Meio Ambiente). Faculdade de Engenharia e Arquitetura. Universidade de Passo Fundo, Passo fundo, 2007.

MINAS GERAIS. Lei n.13.199, de 29 de Janeiro de 1999. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências.

_____. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário do Executivo do Estado de Minas Gerais, Minas Gerais, 13 mai. 2008 (publicação) e 20 mai. 2008 (retificação).

_____. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário do Executivo, Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, MG, 05 mai. 2005. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5309>>. Acesso em fevereiro 2016.

MINISTÉRIO PÚBLICO E UBERABA, MPMG, junho, 2003, folhas 02-09-210-232.

NADIM, F.; HOAG, G. E.; LIU, S.; CARLEY, R. J.; ZACK, P. **Detection and Remediation of Soil and Aquifer Systems Contaminated With Petroleum Products: an overview.** J. of Petrol. Sci. and Eng., p. 169-178. v.26, 1999.

NETO, J.C.P, **Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Uberaba**, EPAMIG triângulo e Alto Paranaíba, , 22 ed. p.13. 2003

NISHIYAMA, L. **Geologia do Município de Uberlândia e Áreas Adjacentes.** *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v. 1, p. 9-15. 1989.

PANE, J. S.; BRONDI, S. H. G. **Análise Química de Sedimentos de Represas da Embrapa Pecuária Sudeste.** In: Congresso de Iniciação Científica, São Carlos. Anais de Eventos da UFSCar, v.4, p.101, 2008.

PEREIRA, L. L. et al. **“Geoquímica dos Sedimentos Lacustres – Lagoas de Paripueira e do Sal no Município de Beberibe – CE”.** Revista de Geologia, vol. 19, nº 2, 215-223, 2006. Disponível em: <https://ssl4799.websiteseuro.com/swge5/seg/cd2009/PDF/IC2009-0028.pdf>. Acesso em Agosto 2015.

RAND, G.M.;PETROCELLI, S.R). **Fundamental of Aquatic Toxicology: Methods and Applications.** Washigton, Hemisphere Publishing.. 1995.

RELATÓRIO AMBIENTAL DE UBERABA, p. 11-13. 2005

REVISTA DE SAÚDE PÚBLICA, 1995, vol. 29 nº 6 SP. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-89101995000600012&script=sci_arttext.

REVISTA VEJA, 1983, Edição 783, 7 de setembro de 1983.

REYNOLDSON, T.B & DAY, K.E (1995). **Freshwater Sediments**. In: CALOW, P. ed Handbook of Ecotoxicology. Blackwell Sci. Publ., Oxford. p 83-100.

ROCHA, J.CESAR; ROSA, A.H; CARDOSO, A. **Introdução a Química Ambiental**. 2 ed. Porto Alegre. p 150.2003

RODGER, S. **Determinação da Faixa de Sensibilidade do Organismo Aquático a uma Substância de Referência, o Cloreto de Sódio (NaCl) e Avaliação da Qualidade da Água da Represa de Monjolinho(São Carlos –SP) Através de Testes de Toxicidade Aguda**. 69 p. (monografia) – Centro de ciências Biológicas e Saúde – Departamento de Biologia Evolutiva Universidade Federal de São Carlos, 1998.

ROSA, R.; LIMA, S. C.; ASSUNÇÃO, W. L. **Abordagem preliminar das condições climáticas de Uberlândia**. *Revista Sociedade & Natureza*, v.3, n.5-6, p.91-108, 1991.

ROSIU, C. J.; GIESY, J. P.; KREIS JR, R.G. (1989) **Toxicity of Vertical Sediments in the Treton Channel, Detroit River Michigan, to *Chironomus tentans* (Insecta: Chironomidae)**. *J. Great Lakes Res.* V.15 nº 4 p. 570-580.

ROUND, F. E. **The biology of the algae**. London. Edward Arnold, p. 269 , 1965.

SCHIEL, D.; MASCARENHAS, S.; VALERIAS, N.; SANTOS, S. A. M. dos. **O estudo de bacias hidrográficas: uma estratégia para a educação ambiental**. São Carlos: RIMa, p. 18 – 22, 2002.

SOLOMONS, T.W.GRAHAM; FRYHLE, CRAIG. B. **Química Orgânica I**, Rio de Janeiro, , 2 vol. p 470-477. 2005

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. 3ª Edição. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias.** Editora da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte, 2005.

STRIXINO, S. & G. STRIXINO. **Ciclo de vida de Chironomus Sancticarloi Strixino & Strixino (Diptera, Chironomidae).** Revista Brasileira de Entomologia. 1982, 26: 183–189.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches (org). **Geografia do Brasil.** São Paulo: Edusp. p.13 – 65.

ROUND, F. E. **The biology of the algae.** London: Edward Arnold. 1965. 269 p.

SISAGUA. **Sistema Cemig de monitoramento e Controle de qualidade da água de reservatório.** Manual de procedimentos de Metodologia de análise de água. Belo Horizonte: Cemig, 2009.

TORRES, J. L. R.; SILVA, T. R.; OLIVEIRA, F. G; ARAÚJO, G S.; FABIAN, A. J. **Diagnóstico socioeconômico, ambiental e avaliação das características da microbacia do Córrego Alegria em Uberaba – MG.** Sociedade & Natureza, v. 19, n. 2, p. 89-102, 2007.

UBERABA. Prefeitura Municipal. **Plano de Manejo Emergencial - Área de Proteção Ambiental Municipal do Rio Uberaba.** Uberaba: Secretaria de Meio Ambiente e Turismo (SEMAT), 2012. 153 p. Disponível em: Acesso, maio de 2015.

UNIFESP. **Universidade Federal de São Paulo.** Disponível em: [Uhttp://www2.unifesp.br/reitoria/residuos/fichasdeemergencia/arquivos/a/alcool_metilico_onu_1230.doc](http://www2.unifesp.br/reitoria/residuos/fichasdeemergencia/arquivos/a/alcool_metilico_onu_1230.doc). Acesso, maio de 20015.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2000). USEPA/ 600/R-99/064. **Methods for measuring teh toxicity and bioaccumulation of sediment associated contaminant with freshwater invertebrates.** 2 ed. Washington. D.C.

ZAGATTO, P. A. **Apostila Mini-Curso Ecotoxicología Aquática.** VII congresso brasileiro de limnologia – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 1999, p.18