

[Digite aqui]



Universidade de Brasília

Universidade de BrasíliaUnB

Centro de Desenvolvimento
Sustentável CDS, Departamento de
Economia ECO, Instituto de
Ciências Biológicas IB, Instituto de
Química IQ e Instituto de
Geociências IGD.

**Investigação da dinâmica dos elementos químicos e suas fontes em
um rio fortemente antropizado utilizando análise estatística
multivariada.**

CAIO MURILLO SANTANA DE ALMEIDA

[Digite aqui]



Universidade de Brasília

Universidade de BrasíliaUnB

Centro de Desenvolvimento
Sustentável CDS, Departamento de
Economia ECO, Instituto de
Ciências Biológicas IB, instituto de
Química IQ e Instituto de
Geociências IGD.

**Investigação da dinâmica dos elementos químicos e suas fontes em
um rio fortemente antropizado utilizando análise estatística
multivariada.**

CAIO MURILLO SANTANA DE ALMEIDA

Orientador:

Prof. Dr. Jérémie Garnier- (IGD)

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Jérémie Garnier (IGD)

Prof. Dr. Sergio Koide (ENC)

[Digite aqui]

Ficha cat

AGRADECIMENTOS

Agradeço profundamente a toda a minha família, pelo apoio, pela paciência pelo carinho e pelos ensinamentos em toda esta jornada.

Agradeço especialmente a minha mãe que foi o meu conforto e minha guia durante todos estes anos.

Agradeço ao meu irmão pelo companheirismo e pela ajuda durante todos estes anos.

Agradeço ao meu primo mais novo, que foi um irmão para mim. Por sempre estar ao meu lado e me apoiar em todos os momentos.

Agradeço ao meu tio que sempre me encorajou a continuar em frente e não desistir.

Agradeço ao professor Jeremie pela confiança e pela oportunidade e pelo incentivo a continuar estudando e sempre melhorando.

Agradeço a toda a equipe do laboratório o de Geoquímica da UnB Myller de Souza Tonhá e Fernando Souza Cavalcante. Em especial o Myller que não só me ensinou muito, mas também foi um grande amigo durante estes anos.

Por fim agradeço a deus por todas as oportunidades e por todas essas pessoas maravilhosas que fazem parte da minha vida.

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos.....	2
1.2 Objetivos específico.....	3
2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Aporte De Poluentes Químico Na Água.....	3
2.2 Princípios Geoquímicos.....	3
2.3 Fontes De Metais.....	5
2.4 Tratamento De Água.....	6
2.5 Sistema De Tratamento Da ETE Melchior.....	9
3.0 AREA DE ESTUDO	10
3.1 Geologia.....	10
3.2 Pedologia.....	12
3.3 Vegetação.....	13
3.4 Clima.....	14
4.0 MATERIAIS E METODOS	14
4.1 Amostragem.....	14
4.2 Análises Laboratoriais.....	18
4.3 Tratamento de Dados.....	19
5.0 RESUNTADOS	20
5.1 Resultados Dos Sedimentos.....	22
5.1.2- Fração Granulométrica.....	22
5.1.3 Material Volátil (MV).....	23
5.1.4 Elementos Traço e Maiores.....	24

6.0 DISCUSSÃO.....	25
6.1 Fator de Enriquecimento (EF).....	25
6.2 Investigações Das Fontes De Contaminação Material Dissolvido.....	30
6.3- Investigações das fontes de contaminação dos sedimentos.....	33
7.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	37
8.0 REFERENCIAL BIBLIOGRAFICO.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa da Geologia da Bacia do Rio Melchior.....	12
Figura 2: Mapa dos tipos de solos da bacia do Rio Melchior.....	13
Figura 3: Mapa de localização da área de estudo e dos pontos de coleta.....	17
Figura 4: Mapa de uso e ocupação da área de estudo.....	18
Figura 5: Fator de Enriquecimento dos elementos maiores nas amostras de sedimentos do Rio Melchior.....	26
Figura 6: Fator de Enriquecimento dos elementos traço nas amostras de sedimentos do Rio Melchior.	27
Figura 7:Box plots dos valores de enriquecimento do CaO dividido pelos principais rios da área.....	28
Figura 8:Box plots dos valores de enriquecimento do Cu dividido pelos principais rios da área.	29
Figura 9:Box plots dos valores de enriquecimento do Zn dividido pelos principais rios da área.	29
Figura 10:Box plots dos valores de enriquecimento do P dividido pelos principais rios da área.	30
Figura 11:PCA dos agrupamentos dos cátions e ânions maiores do material dissolvido.	32
Figura 12:PCA dos agrupamentos dos cátions e ânions maiores dos sedimentos.	35

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Descrição dos pontos de coleta.....	13
Tabela 2:Concentrações médias, mínimos e máximos dos parâmetros físico químico das águas da bacia do Melchior.....	21
Tabela 3: Granulometria das amostras coletadas e médias dos principais Rios da Bacia do Rio Melchior.	23
Tabela 4: Concentrações medias e desvio padrão dos elementos maiores e traço dos sedimentos e do material particulado do rio Melchior.	24
Tabela 5: Matriz de agrupamento das variáveis com os Principais componentes do material Dissolvido.....	31
Tabela 6: Matriz de agrupamento das variáveis com os principais componentes do material sedimentar.	34

RESUMO

Neste trabalho foi realizado um estudo geoquímico de fontes de contaminantes na bacia do Rio Melchior. Teve como o objetivo avaliar a qualidade de água e identificar quais as principais fontes dos elementos e substâncias distinguindo o natural do antrópico. A Bacia do Rio Melchior encontra-se situada no Distrito Federal entre as latitudes 15°48' S e 15°55'17" S e longitudes 48°02'30" W e 48°15'21" W, sendo formado pelos córregos Gatumé, do Valo e o Ribeirão Taguatinga. A determinação das amostras de sedimentos utilizou de técnicas de Espectroscopia de Emissão Óptica (ICP-OES) e Espectrômetro de Massa de Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-MS). Os dados de água foram obtidos por meio da utilização de cromatografia iônica (IC) com condutividade suprimida. A interpretação dos resultados utilizou de técnicas de estatística multivariada como análise de componentes principais, além de cálculos de Fator de Enriquecimento (FE). O estudo pode determinar a origem dos principais componentes na água tendo o Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, P, Ca e NH₄⁺ como indicadores da entrada de efluentes domésticos, e o Mg, Na, C.E provenientes do processo de runoff que ocorre na bacia. Foi possível também averiguar o enriquecimento dos elementos P, CaO, Cu e Zn provenientes do lodo de esgoto da ETE Melchior. O Pb e As tiveram contribuições de áreas agrícolas, demonstrando assim os efeitos da atividade antrópica na região e a contribuição do crescimento desordenado de das cidades no processo de alteração geoquímica da Bacia do Rio Melchior.

Palavras chave: Rio Melchior. Poluição. ETE Melchior.

ABSTRACT

In this work, a geochemical study of sources of contaminants in the Melchior River basin was carried out. Its objective was to evaluate the water quality and identify the main sources of elements and substances, distinguishing the natural from the anthropic. The Melchior River Basin is located in the Federal District between latitudes 15°48' S and 15°55'17" S and longitudes 48°02'30" W and 48°15'21" W, being formed by the streams Gatumé, do Valo and Ribeirão Taguatinga. The determination of sediment samples used Optical Emission (ICP-OES) and Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer (ICP-MS) techniques. Water data were obtained using ion chromatography (IC) with suppressed conductivity. The interpretation of results used multivariate statistical techniques such as principal component analysis, in addition to Enrichment Factor (EF) calculations. The study can determine the origin of the main components in the water, having Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃, P, Ca and NH₄ as indicators of the entry of domestic effluents, and Mg, Na, C.E from the runoff process that occurs in the water. bowl. It was also possible to verify the enrichment of the elements P, CaO, Cu and Zn from the sewage sludge from ETE Melchior. Pb and As had contributions from agricultural areas, thus demonstrating the effects of human activity in the region and the contribution of the disordered growth of cities in the process of geochemical alteration of the Melchior River Basin.

Keywords: Rio Melchior. Poluição. ETE Melchior

1.0 INTRODUÇÃO.

O crescimento populacional desordenado e a expansão urbana sem planejamento, geram efeitos negativos sobre o meio ambiente. As interferências antrópicas são causas diretas de degradação ambiental, afetando o meio físico, biológico e os processos naturais de manutenção dos ecossistemas. Devido a isso, é necessário compreender os impactos gerados por essa expansão urbana, afim de prever o efeito e remediar os danos ambientais.

Os recursos hídricos são especialmente sensíveis as alterações provocadas pela ocupação desordenada. Essa ocupação e o conseqüente aporte de contaminantes para as bacias hidrográficas é um dos maiores motivos de poluição dos corpos de água em regiões urbanas.

Devido a importância desse recurso, vários estudos de corpos hídricos são desenvolvidos pelo mundo. LI, Xiaoqiang et al. (2019) desenvolveram um estudo hidro geoquímico sobre as contribuições antropogênicas e de intemperismo químico sobre a Bacia do Rio Jiulongjiang. Constataram que a maioria dos cations silicatos e carbonatos têm origens de intemperismo químico de rochas, porém foi averiguado que os íons de K^+ , Na^+ , Cl^- , NO e SO_4^{-2} são de contribuição majoritariamente antropogênica. Sarker *et al.* (2019) avaliaram a qualidade da água da micro bacia do Lago Ramna, utilizando parâmetros físico-químicos. Chegaram à conclusão de que as águas da bacia, apresentavam altos níveis de metais pesados próximos a áreas de indústrias e constataram também, níveis elevados de bactérias coliformes próximas de habitações devido à falta de saneamento básico.

No Distrito Federal as degradações dos recursos hídricos também são evidentes, devido ao processo de ocupação desordenada. Carvalho (2013) avaliou a qualidade das águas superficiais da bacia do Riacho Fundo, chegando a conclusão de que as principais fontes de contaminação para a bacia foram: urbanização, produção agrícola, presença do aterro sanitário, presença de pequenas indústrias e a construção civil. Franz et, al. (2013), avaliaram o enriquecimento dos sedimentos aluviais de diversas formas de uso no Lago Paranoá, chegando a conclusão de que os elementos Ca, Mg, Na, K, Sr, e Pb têm um enriquecimento relacionado a áreas urbanas e os Cu, Ni, Cr, e P tiveram fontes nas áreas agrícolas.

Dentre as regiões mais afetadas pelo processo de expansão urbana está a bacia do Rio Descoberto, que é responsável por 60% do abastecimento da água potável destinada ao consumo da população do DF. O principal tributário do rio Descoberto é o rio Melchior, sendo que o mesmo se encontra em um grau elevado de contaminação. Carmo, Boaventura, Oliveira (2005), realizou uma série de análises físico-químicas e de elementos traços nas águas do rio, encontrando valores elevados de PO_4^{3-} , NO_3^- , NH_4^+ , Cl^- e SO_4^{2-} e de outros elementos traços que são diluídos ao longo do percurso até a foz do rio. Ribeiro (2001), analisou a capacidade de alto depuração do Rio Melchior, chegando a conclusão de que o rio tem uma melhora na qualidade da água no sentido sudeste da bacia para os parâmetros de DBO e OD, porém a concentração de espécies químicas de Nitrogênio e Fósforo se depositavam em forma de sedimentos e poderia ser carregadas até ambientes lóticos, no caso a represa do Descoberto. Ambos os estudos tiveram um foco na Bacia do Rio Descoberto, tendo poucas amostras da bacia do Rio Melchior.

Os últimos trabalhos na bacia do Rio Melchior foram realizados a mais de 15 anos, sendo necessário novos estudos geoquímicos para a avaliação das fontes de contaminação e da atual situação da bacia. O objetivo deste trabalho é caracterizar física e quimicamente as águas da bacia do Rio Melchior para uma avaliação das possíveis fontes de contaminação.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo é identificar indicadores geoquímicos de processos de alteração e/ou contaminação por ocupação urbana na bacia do Rio Melchior.

1.2 Objetivos específicos

- Realizar análises químicas de amostras de água e sedimentos, utilizando metodologia analítica para determinação multielementares com as técnicas Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma (ICP/OES), Espectrometria de Absorção Atômica (AAS) e cromatografia iônica.
- Identificar espécies químicas presentes no rio em quantidades superiores os naturais por meio de análises estatísticas como o Fator de Enriquecimento.
- Fazer um levantamento geoquímico das anomalias geradas pela ocupação urbana.

Com o resultado laboratorial e estatístico, gerar um mapa temático das fontes de contaminação na Bacia do Rio Melchior.

2.0 REFERENCIAL TEÓRICO.

Para o entendimento dos resultados desta pesquisa e necessário considerar os principais processos que dão origem aos elementos químicos na água e nos sedimentos. Sendo assim neste item será abordado o aporte de poluentes e sus fontes naturais e antrópicas para os corpos aquáticos.

2.1 APORTE DE POLUENTES QUÍMICO NA ÁGUA.

As atividades antrópicas tem causado uma crescente retirada da cobertura vegetal, tanto para a agricultura quanto para o crescimento urbano, desmatando áreas fundamentais para a recarga de aquíferos, diminuindo a capacidade de infiltração nos solos e aumentando o escoamento superficial, conseqüentemente carreando poluentes para os corpos de água. (BRANDÃO; PAVIANI, 2018).

De maneira geral a contaminação dos ambientes aquáticos pode ocorrer de duas formas: fontes pontuais tais como rede de esgoto doméstico e industrial, e atividades de mineração ou através de fontes difusas como cultivos agrícolas deposição atmosférica ou processos de lixiviação. (SPERLING, 2005). Os efluentes domésticos são enriquecidos em matéria orgânica, sólidos em suspensão e dissolvidos, sendo comum também a presença de certos metais provenientes de uso de produtos químicos tais como o Cu, Pb, Zn, Sn, e As. (FRANZ et al., 2013; TORRES et, al., 2005; DE OLIVEIRA FILHO, 2002; PINHEIRO, 2007).

2.2 Princípios Geoquímicos

Os principais tipos de reações químicas relacionadas ao intemperismo são a hidratação hidrolise, oxidação e dissolução. A hidratação consiste na entrada de água na fase cristalina ou amorfa, formando um novo mineral. A hidrolise é a decomposição de um mineral na presença de uma solução aquosa levemente acida, no qual o íon H^+ entra na estrutura do mineral deslocando cátions alcalinos, especialmente o K e o Na, e alcalinos terrosos Ca e Mg liberando estes elementos na solução aquosa. (COSTA, 2014 Apud TEIXEIRA et al., 2009).

O comportamento dos metais na água e em sedimentos é regido por reações químicas com o meio, principalmente relacionados aos valores de pH, matéria orgânica e argilominerais. Os elementos químicos ocorrem nas rochas e minerais como constituintes principais, em maiores concentrações, chamados de elementos maiores (Ca, K, Al, Si, Ti, Mg, Na) e os elementos em menor quantidade chamados de elementos traço (P, Ni, Zn, Cu, Mn e etc...). A distribuição dos elementos químicos na água depende de associações químicas e físicas naturais. (COSTA, 2014).

Os sedimento fluviais em rios são a principal fonte de dispersão de metais nas bacias hidrográficas. Os metais Fe, Ni, Cr, Cu, Co, Mn e Zn tendem a se incorporar nas frações argila/silte dos sedimentos nas formas de precipitados ou co-precipitados nas camadas cristalinas ou amorfas (COSTA, 2014). A retenção de metais traço nos sedimentos está associada a capacidade de adsorção dos elementos com o material adsorvido, como substâncias húmicas, argilo minerais e óxidos-hidróxidos. Entre os óxidos-hidróxidos os que demonstram uma maior capacidade de se associar com elementos traço e causar a precipitação dos mesmos são os óxidos de manganês e os de ferro, sendo o de manganês altamente associado a precipitação do zinco do cobalto e do bário, e os óxidos de ferro associados a precipitação do Ni, Cr, Cu, Pb e Ag. (GIBBS, 1973).

A mobilidade química de um íon ocorre nas formas de íons livres em solução, íons complexos e adsorvidos em sólidos finos ou em coloides na corrente de água. Em relação a íons livres a sua ocorrência está relacionada ao potencial iônico, ou seja, a razão de carga/massa. Quanto maior esta razão maior a dureza e a tendência do íon se ligar a hidroxilas (COSTA, 2014).

Os cátions de maneira geral são elementos com baixo potencial iônico. Alguns íons, com potenciais iônicos elevados, ligam-se ao oxigênio para formar íons complexos solúveis como PO_4^{3-} e SO_4^{2-} . Elementos com potencial iônico intermediário como Al, Ti, Sn e K são pouco solúveis e móveis devido a sua forte tendência de adsorção em superfícies. (COSTA, 2014, FEITOSA et al. 2008).

Outro processo geoquímico importante é a erosão, sendo caracterizada pela remoção e transporte de substâncias fragmentadas causadas pela ação de processos físicos e químicos tendo como local de acumulação as águas superficiais. Sendo um importante fator de acumulação de metais (CARMO; BOAVENTURA; ANGELICA 2003 DE OLIVEIRA-FILHO, 2002).

2.3 Fontes De Metais

O cálcio forma diversos minerais como os aluminosilicatos, fosfatos, carbonatos, sulfatos, boratos e fluoretos. É encontrado em calcários e mármore podendo estar presente também em argilitos, siltitos e arenitos, em quantidades variadas. Sendo assim como o magnésio mais concentrado em rochas do que em solos, devido ao alto teor de solubilização diante o intemperismo (WEDEPOHL, 1978 apud COSTA, 2014). Também sendo comumente associado processo de lixiviação agrícola devido a utilização de calcário e ao sistema de tratamentos de água e a enriquecimentos por poços artesianos. (DE OLIVEIRA-FILHO 2008; SPERLING, 2005).

O alumínio é um dos maiores constituintes da crosta terrestre. O alumínio é um mineral derivado de sedimentos areno-argilosos sendo encontrado principalmente na forma do minério de bauxita, sendo muito pouco solúvel em superfície tendo uma tendência a se acumular em água por processos de lixiviação (TEIXEIRA et al., 2009). Também sendo utilizado no processo de floculação em estações de tratamento de água. (SPERLING, 2005)

O ferro tem origem sedimentar química. Sendo comumente encontrado na forma do mineral hematita (TEIXEIRA et al., 2009). São comumente associados a impurezas de rochas calcárias, utilizadas na produção de fertilizantes especialmente os superfosfatos (CARMO; BOAVENTURA; ANGELICA 2003).

No meio ambiente o Arsênio puro é raramente encontrado e não é amplamente distribuído na crosta terrestre. Na natureza o arsênio é distribuído em diferentes formas de minerais Arsenopirita (FeAsS), Realgar (AsS), Ouropigmento (As_2S_3), Loellinguita (FeAs_2) e Esmaltita (CoAs_2) (COSTA, 2014; IPCS, 2001). O elemento também é comumente associado a e poluições atmosféricas devido a queima de combustíveis fósseis (TORRES, 2005; Franz et al., 2013), também associados a fertilizantes químicos, a adubos, a pesticidas e a lodo de esgoto.

O chumbo é naturalmente disponível em todos os ambientes em pequenas concentrações. Costa (2014), aponta que o chumbo é usado em baterias, aditivos de gasolina, cabos, munições, encanamentos, revestimentos de tanques de guerra e em soldas e ligas metálicas. Também sendo associado a utilização agrícola por meio de fertilizantes químicos e adubos (TORRES, 2005; Franz et al., 2013).

O sódio e o potássio são solubilizados na forma iônica e disponibilizado por meio do intemperismo de alguns minerais silicatos, podendo ainda ter outras origens geológicas (Teixeira et al., 2000). Sendo também comumente relacionado à o enriquecimento em áreas agrícolas devido a utilização de fertilizantes (DE OLIVEIRA-FILHO 2008).

O Zinco é um dos elementos mais comuns na crosta terrestre pois se demonstra presente em quase toda as rochas ígneas. Estando presente principalmente na forma de minerais de Esfalerita, Willemita e Calamina. Sendo muito utilizado na fabricação de ligas metálicas e em galvanização, além de ser amplamente utilizado na agricultura por meio de fertilizantes ((TEIXEIRA et al., 2000; DE OLIVEIRA-FILHO 2008).

2.4 Tratamento De Água

O Rio Melchior recebe o aporte de efluentes tanto da ETE Melchior e da ETE Samambaia, sendo necessário para uma análise mais profunda a descrição dos processos de tratamento de água nas estações de tratamento. Nesta sessão será discutido as formas de tratamento padrão da CAESB e também será apresentado o sistema de tratamento da ETE Melchior.

O tratamento da água pode ser realizado para atender diversos aspectos:

1. Higiênicos - remoção de bactérias, protozoários, vírus e outros microrganismos, de substâncias nocivas, redução do excesso de impurezas e dos teores elevados de compostos orgânicos;
2. Estéticos - correção da cor, sabor e odor;
3. Econômicos - redução de corrosividade, cor, turbidez, ferro e manganês.

Os serviços públicos de abastecimento devem fornecer água sempre saudável e de boa qualidade. Portanto, o seu tratamento apenas deverá ser adotado e realizado depois de demonstrada sua necessidade e, sempre que for aplicado, deverá compreender apenas os processos imprescindíveis à obtenção da qualidade da água que se deseja.

A necessidade de tratamento e os processos exigidos deverão então, ser determinados com base em inspeções sanitárias e nos resultados de análises (físico-químicas e bacteriológicas) representativas do manancial a ser utilizado como fonte de abastecimento.

Dependendo da qualidade da água a ser tratada, algumas destas etapas poderão não ser necessárias para a devida potabilização da água a ser distribuída. A própria Caesb, hoje, dependendo das características da água a ser tratada, adota diversos tipos de tratamento que vão desde um tratamento completo (ETA convencional) até tratamento mais simplificado, com cloração e fluoretação apenas.

Um tratamento convencional é composto das seguintes etapas:

1. Coagulação e Floculação

Nestas etapas, as impurezas presentes na água são agrupadas pela ação do coagulante, em partículas maiores (flocos) que possam ser removidas pelo processo de decantação. Os reagentes utilizados são denominados de coagulantes, que normalmente são o Sulfato de Alumínio e o Cloreto Férrico.

Nesta etapa também poderá ser necessária a utilização de um alcalinizante (Cal Hidratada ou Cal Virgem) que fará a necessária correção de pH para uma atuação mais efetiva do coagulante.

Na coagulação ocorre o fenômeno de agrupamento das impurezas presentes na água e, na floculação, a produção efetiva de flocos.

2. Decantação

Os flocos formados são separados da água pela ação da gravidade em tanques normalmente de formato retangular.

3. Filtração

A água decantada é encaminhada às unidades filtrantes onde é efetuado o processo de filtração. Um filtro é constituído de um meio poroso granular, normalmente areia, de uma ou mais camadas, instalado sobre um sistema de drenagem, capaz de reter e remover as impurezas ainda presentes na água.

4. Desinfecção

Para efetuar a desinfecção de águas de abastecimento utiliza-se um agente físico ou químico (desinfetante), cuja finalidade é a destruição de microrganismos patogênicos que possam transmitir doenças através das mesmas.

Normalmente são utilizados em abastecimento público os seguintes agentes desinfetantes, em ordem de frequência: cloro, ozona, luz ultravioleta e íons de prata.

A Caesb utiliza como agente desinfetante o cloro na sua forma gasosa, que é dosado na água através de equipamentos que permitem um controle sistemático de sua aplicação.

5. Fluoretação

A fluoretação da água de abastecimento público é efetuada através de compostos à base de flúor. A aplicação destes compostos na água de abastecimento público contribui para a redução da incidência de cárie dentária em até 60%, se as crianças ingerirem desde o seu nascimento quantidades adequadas de íon fluoreto.

A Caesb utiliza como agentes fluoretantes em suas unidades de tratamento o fluossilicato de sódio e o ácido fluossilicato. A dosagem média utilizada de íon fluoreto é de 0,8 mg /l (miligramas por litro) de acordo com a temperatura local.

2.5 Sistema De Tratamento Da ETE Melchior

O sistema de tratamento de esgoto da ETE Melchior é classificado como um sistema terciário, funcionando com um sistema de fluxo ascendente e manta de lodo.

Segundo Ramos (2008) o processo consiste basicamente em um fluxo ascendente de esgoto por meio de um leito de lodo denso, de elevada atividade com coleta de efluentes na parte superior do reator. No fundo do reator ocorre a formação da manta de lodo mais densa, que se torna menos densa e acumulada no sentido do topo do reator. A estabilização da matéria orgânica ocorre em função da passagem e mistura do esgoto no leito do lodo.

No interior do reator, as partículas mais densas do lodo e com maior capacidade de sedimentação se depositam no fundo, enquanto as mais leves têm uma tendência a se desprenderem da manta de lodo voltando para a coluna de água. Como forma de controle do tempo de residência há um dispositivo de separação de fases, localizado abaixo do decantador, que garante que parte das partículas retorne a câmara de digestão, mantendo assim o tempo de residência dos sólidos no sistema elevado, apesar do reduzido tempo de detenção hídrica (RAMOS, 2008).

Sendo assim os princípios fundamentais do processo são, a habilidade do reator de desenvolver uma biomassa de elevada atividade e a presença de um dispositivo de separação de gases e sólidos.

O Reator apresenta diversas vantagens como: o sistema compacto, de baixo custo de implementação e operação, baixa demanda de área, baixa produção de lodo sendo este com elevada concentração e boa desidratabilidade. Porém o sistema também apresenta desvantagens, como a possibilidade de perda de lodo por arraste, sendo este efeito condicionado pelo fluxo dentro do reator e da altura do reator e a necessidade de um sistema de pós-tratamento

devido a não conseguir alcançar os padrões de qualidade de água (RAMOS, 2008; CHERNICHARO, 2007).

3.0 AREA DE ESTUDO

A Bacia do Rio Melchior encontra-se situada no Distrito Federal entre as latitudes 15°48' S e 15°55'17" S e longitudes 48°02'30" W e 48°15'21" W e faz parte da bacia do Descoberto, sendo o Rio Melchior seu principal afluente. A Bacia do Rio Descoberto está inserida na grande Bacia Nacional do Paraná ocupando uma área de 896 km², sendo que 84% da área está situada no DF e 16% no estado do Goiás. (CARMO; BOAVENTURA; OLIVEIRA, 2005).

Em sua cabeceira, os Córregos Taguatinga e Cortado se unem aproximadamente na região central da cidade de Taguatinga, a confluência dos dois córregos formam o Ribeirão Taguatinga, corre no sentido oeste, no vale localizado entre as regiões administrativas de Ceilândia e Samambaia. Após percorrer aproximadamente 12 km no sentido oeste e receber contribuições dos Córregos Gatumé e do Valo, o Ribeirão Taguatinga passa a se chamar Melchior. Após o Rio Melchior ter percorrido mais 20 km ainda no sentido Oeste e receber contribuições dos Córregos Guariroba e Salta fogo o rio desagua na foz do rio Descoberto (RIBEIRO, 2001).

3.1 GEOLOGIA

A maior parte da bacia pertence aos Grupos Paranoá (Idade meso/n Proterozoica) e Araxá (Idade ncoproterozdica). Segundo Campos (2004), o Grupo Paranoá é composto por sete unidades lito estratigráficas, porém, apenas três restringem a bacia do Rio Melchior, sendo elas:

A Unidade Q₂, e caracterizada por quartzitos medias com leitos conglomerativos em direção ao topo do pacote. Ocorrendo em grande variedade de estratificações cruzadas,

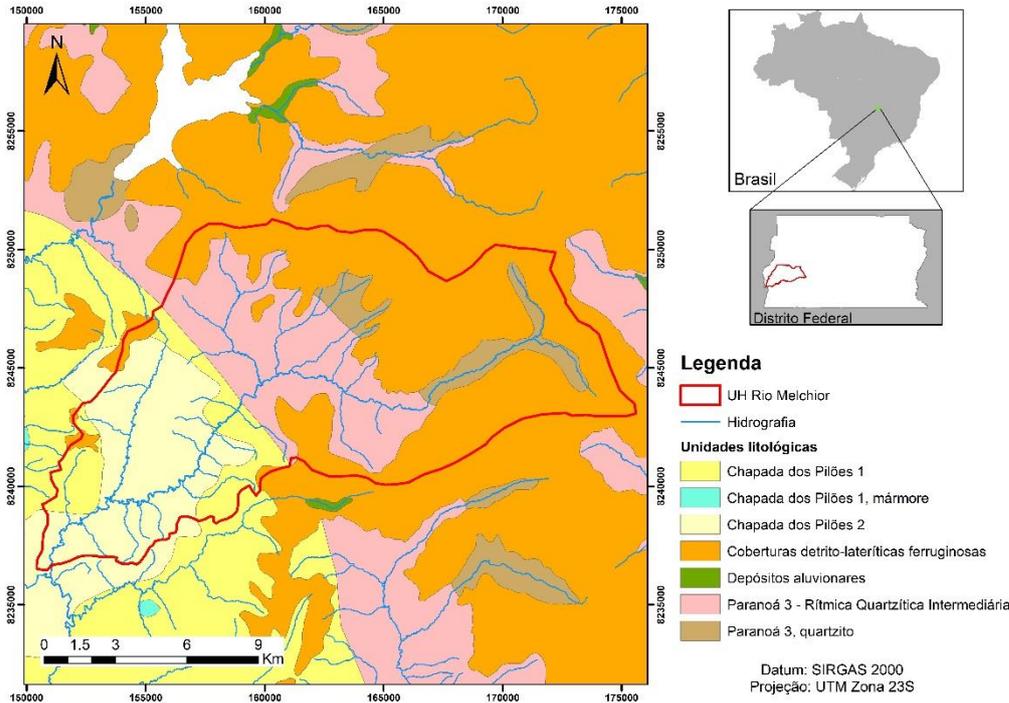
inclusive com tipo revirada, indicando um retrabalha mento por mares. Ocorrendo restritivamente na borda leste do domo estrutural do Pípiripau.

A segunda unidade que se restringe na bacia e a unidade R₃. Segundo Campos (2004), a unidade e definida por intercalações irregulares de quartzitos finos, brancos e laminados com camadas de metassiltito, metalarnitos e metassiltitos argilosos com cores cinza escuro. quando frescos, que passar para tons rosados a avermelhados, quando próximos a superfície.

A última unidade do Grupo Paranoá presente na bacia do Rio Melchior e a unidade R₄ metarritmito argiloso. Sendo esta última uma unidade que sobrepõe a unidade Q₃ de quartzitos médios. Campos (2004) define esta unidade como sendo constituída por intercalações regulares de quartzitos e metapelitos, com espessuras bastantes regulares de ordem de 1 a 3 cm.

Já a unidade Araxá O Grupo Araxá está delimitado ao sudoeste do Distrito Federal, sendo composto por xistos variados e ampla predominância de moscovitas e ocorrência restrita de clorita-xisto, quartzo-moscovita xisto, granada-xisto e lentes de quartzitos micáceos. (CAMPOS, 2004)

Figura 1: Mapa da Geologia da Bacia do Rio Melchior.



3.2 Pedologia

Os solos do DF foram levantados pela EMBRAPA (1978), sendo estes associados a superfícies de erosão de altitudes medias de 1.200m e 1.100m, sendo modelados sobre quartzitos metarritmico, e filitos. As principais classes de solos no Distrito Federal são Latossolos Vermelho-Escuro, Latossolos Vermelho-Amarelo e Cambissolo os quais ocupam 85% do DF. Sendo estes tipos predominantes de solos ricos em ferro e alumínio e pobre em macro e micro nutrientes. (Embrapa, 2018).

Abaixo são feitas breves descrições das características dos solos na região do estudo.

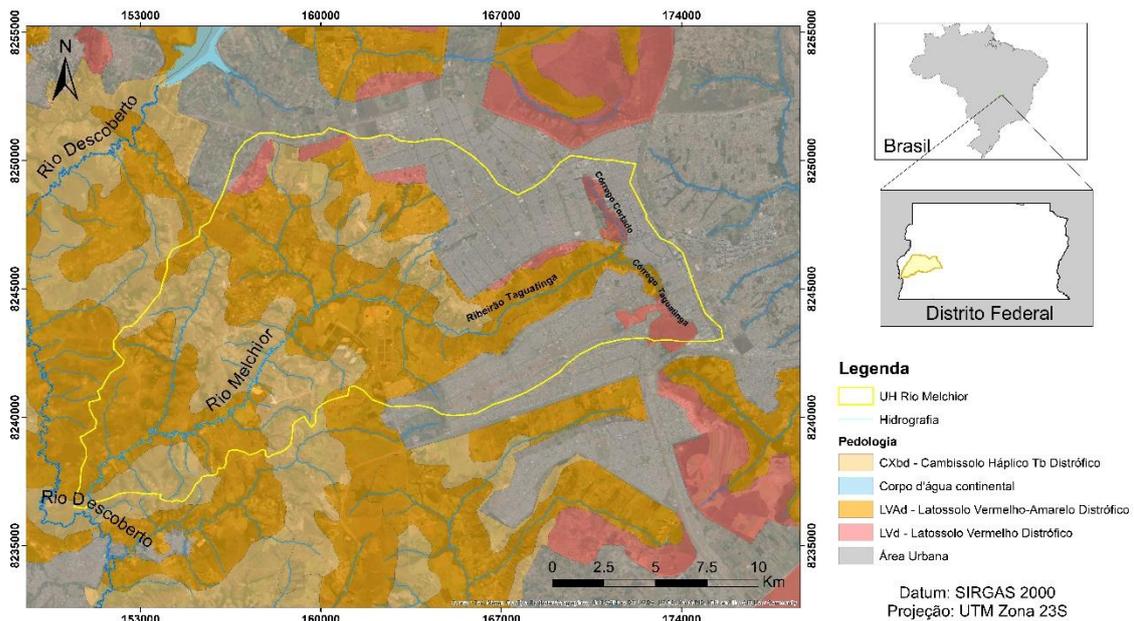
Latossolo Vermelho-Amarelo: São solos Latossolos são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B Latossólico precedido de qualquer tipo de horizonte A dentro de 200 cm a partir da superfície do solo ou dentro de 300 cm se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura. Ocorrem principalmente em nas bordas de chapadas e em seus

divisores, além de superfícies planas, abaixo do topo da chapada da Contagem, sempre adjacente às classes dos Latossolos vermelhos. (Embrapa, 2018).

Latossolo Vermelho-Escuro: Apresentam características muito semelhantes a o do latossolo Vermelho-Amarelo, se divergindo por serem mais avermelhados nos seus primeiros 100 cm do horizonte B. Tendo uma ocorrência em topos de chapadas sendo os principais divisores de bacias com topos planos. (Embrapa, 2018).

Cambissolo: Possuem minerais primários facilmente intemperizáveis, sendo muito heterogêneos em relação a seu relevo de formação e a constituição devido ao material que foi originário apresentando um horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial. (Embrapa, 2018).

Figura 2: Mapa dos tipos de solos da bacia do Rio Melchior.



3.3 Vegetação

A vegetação da área encontra-se bastante alterada devido a retirada da vegetação nativa e substituição por vegetação exótica, além da extração de areia e cascalho em algumas áreas. Em geral, a área é composta de alguns fragmentos de fitofisionomias do Cerrado sendo elas Savana Parque e algumas áreas de Savana Arborizada. (VELOSO, 2012)

3.4 Clima

O clima no Distrito Federal, de acordo com a classificação de Koeppen, enquadra-se entre os tipos tropical de savana e temperado chuvoso de inverno seco, sendo caracterizado pela existência bem nítidas de duas épocas:

A Chuvosa de outubro a março com elevadas temperaturas (~máximas de 32 °C), com maior concentração de chuvas no mês de dezembro e precipitação média varia entre 1.500 a 1.750 mm;

A Seca: corresponde também a época fria com temperaturas variado entre as médias de 16° C a 18 °C nos meses de abril a setembro e acentuadamente de junho a julho. As precipitações nesta época podem ser nulas (CARMO; BOAVENTURA; DE OLIVEIRA-FILHO, 2002).

4.0 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 AMOSTRAGEM

Foram realizados levantamentos da área de estudo por meio de mapas e vias de acesso. Realizou-se pesquisas de metodologias, afim de serem utilizadas tanto na coleta das amostras quanto nas análises laboratoriais. Com base nessas análises foram selecionados 15 pontos com possíveis ações antrópicas.

Após a seleção dos 15 pontos foram realizadas amostragens em duas estações do ano distintas: 8 amostras no final do mês de agosto (23/08/21) no final do período de seca no DF e 7 amostras (04/05/22) no final do período chuvoso em pontos distintos na bacia, totalizando 15 amostras. Abaixo forma esquematizados as características dos pontos escolhidos.

Tabela 1: Descrição dos pontos de coleta.

Pontos	Descrição
--------	-----------

1	Localizado no Córrego Taguatinga. O ponto fica próximo do hospital Regional de Taguatinga, nas proximidades deste ponto existem chácaras com culturas temporárias (hortigranjeiros), anuais (soja, milho) e perenes (Frutíferas e café). O Córrego Taguatinga possui matas ciliares em quase toda a sua extensão, na área ocorre solos do tipo Latossolo-Vermelho Distrófico.
2	Ainda localizado no Córrego Taguatinga em um ponto mais próximo da área de confluência entre o córrego Taguatinga e o córrego Cortado. É localizado em um dos pontos apontados por (Ribeiro, 2001), como um dos aportes de esgoto bruto da cidade de Taguatinga para o córrego.
3	Localizado no Córrego Cortado, dentro do Parque Ecológico Saburo Onoyama. O ponto se localiza próximo de chácaras com culturas temporárias. Os solos da área são do tipo Latossolo-Vermelho Distrófico.
4	Ponto localizado na via de ligação entre Samambaia e Taguatinga, no Ribeirão Taguatinga. A Mata ciliar neste ponto já sofreu degradação, sendo substituída em diversos pontos por plantas invasoras ou apresentando a ausência de vegetação em alguns locais. O Solo da região é do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico.
5	Localizado no viaduto de ligação entre Samambaia Norte e a Ceilândia. O ponto também é referente ao Ribeirão Taguatinga, próximo ao ponto são localizadas diversas áreas de produção agrícola e uma área de piscicultura.
6	Ponto localizado próximo ao Parque ecológico da Ceilândia, ainda no Ribeirão Taguatinga. A mata ciliar no ponto se apresenta bem mais preservada, os solos da região são classificados como Cambissolo Háptico.

7	Localizado no Rio Melchior, logo após a estação de Tratamento de esgoto ETE Melchior. A área apresenta mata ciliar em mais preservada, os solos da região são do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, o ponto pertence ao grupo Araxá.
8	Ponto no Rio Melchior, próximo a um grande cultivo de culturas perenes (café e frutíferas) e próximo a um centro de processamento e abates de frango.
9	ponto localizado no Rio Melchior, mais a montante do ponto anterior. As rocas deste grupo pertencem ao Araxá e os solos são do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico.
10	Localizado Rio Melchior. As rochas da área são do grupo Araxá, os solos são Cambissolos Háplico.
11	Localizado no Córrego Salta Fogo, sendo este ponto o mais preservado e distante das áreas urbanas de toda a amostragem. As rocas do dessa área são do grupo Araxá e apresentam Latossolos Vermelho-Amarelo distrófico.
12	Localiza-se no Rio Melchior só rochas do grupo Araxá e com solos vermelho amarelo distróficos.
13	Localiza-se no Rio Melchior abaixo de uma ponte. O ponto fica próximo de uma área de cultivo agrícola.
14	Ponto localizado no Rio Melchior as rochas da área são do grupo Araxá e o solo são Latossolos Vermelho-Amarelo distrófico. A área apresenta uma mata ciliar mais conservada.
15	Localizado no Rio Descoberto, próxima a área urbana de Santo Antônio do Descoberto-GO. O ponto apresenta uma mata ciliar conservada, as rochas da área são do grupo Araxá e os solos são Latossolos Vermelho-Amarelo distrófico

Os sedimentos de corrente foram coletados no leito do rio. Em cada ponto foram coletadas aproximadamente 1kg de sedimento mediante o uso de uma pá de metal. Os sedimentos foram armazenados em sacos plásticos, identificados e transportados para o laboratório. Para as coletas de água foram utilizadas garrafas de 1litro de polietileno limpas previamente com HCl 5%, a amostra foi coletada manualmente homogeneizada 3 vezes antes da coleta, posteriormente as garrafas foram lacradas e levadas ao laboratório. Em apêndice (1), são descritas as características geomorfológicas, pedológicas e gerais dos pontos de coleta.

Imagem 3: Mapa de localização da área de estudo e dos pontos de coleta.

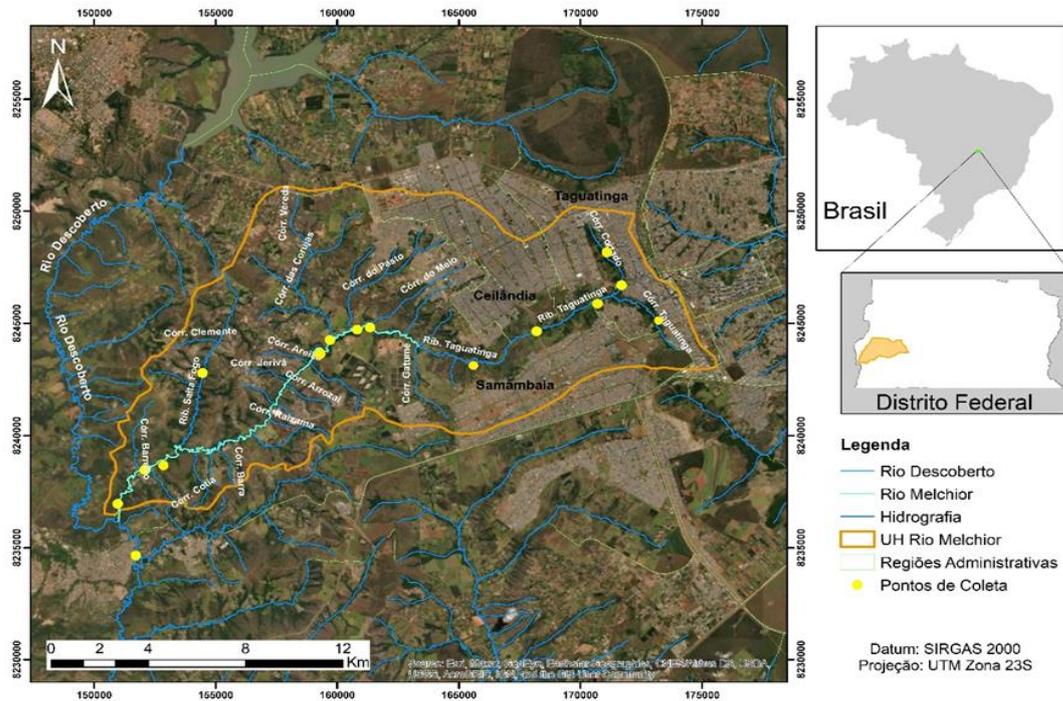
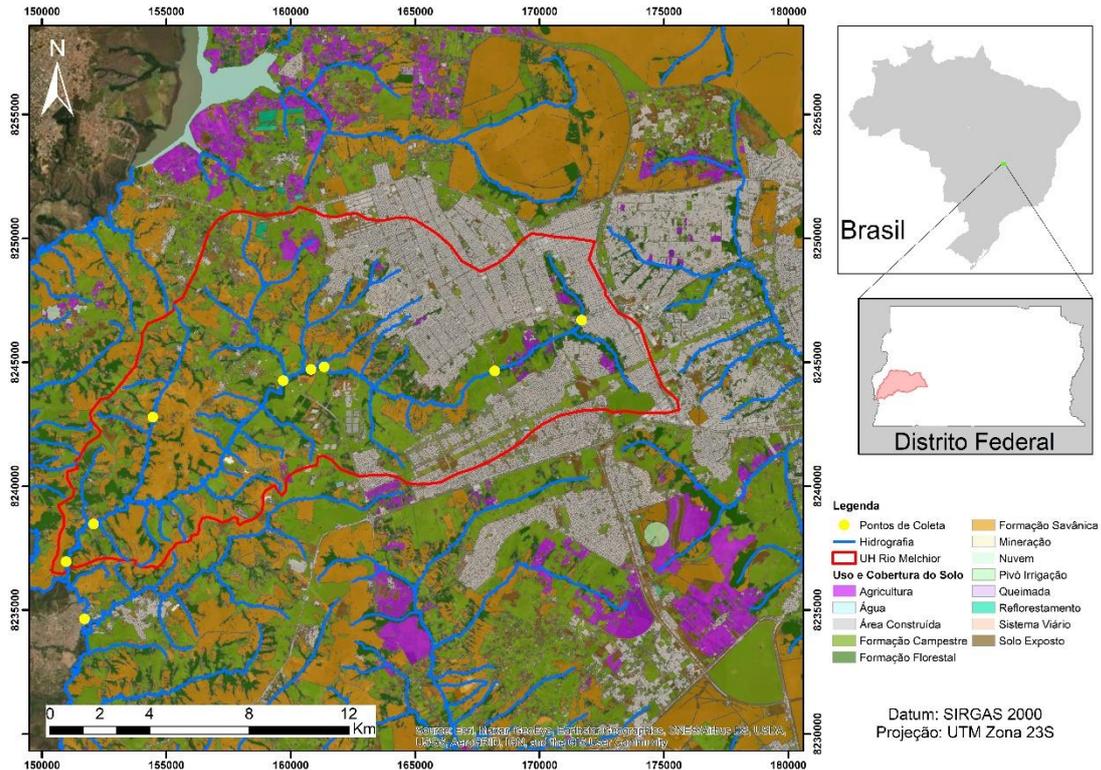


Imagem 4: Mapa de uso e ocupação da área de estudo.



4.2 Análise Laboratoriais

Todas as análises foram realizadas de acordo com os padrões internacionais descritos no Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, no laboratório de geoquímica da Universidade de Brasília.

A fração dissolvida da água $< 0,45 \mu\text{m}$ foi preparada por filtração à vácuo em membrana de éster de celulose da marca Millipore. Os parâmetros avaliados na amostra bruta foram pH, temperatura, condutividade, sólidos dissolvidos (TDS), alcalinidade, enquanto que os demais foram avaliados na fração dissolvida: cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), potássio (K^+), fluoreto (F^-), cloreto (Cl^-), nitrato (NO_3^-), fosfato (PO_4^{3-}), sulfato (SO_4^{2-}), silício e elementos traço.

O pH, a Condutividade e os Sólidos Totais dissolvidos foram determinados utilizando o aparelho multiparâmetro portátil da Hach série Sension. A alcalinidade foi determinada pelo

método de titulação com ácido sulfúrico (H_2SO_4 , 0,02N) utilizando um titulador automático da marca Schott, modelo Titroline easy. Os Ânions maiores foram determinados por cromatografia iônica (IC), da marca Dionex, modelo ICS90.

Para análises de elementos, as amostras sólidas (sedimentos e SPM) foram digeridas com ácido em triplicata usando vasos de Teflon (Savillex®) em uma placa quente com uma mistura de H_2O_2 e ácidos puros destilados HF, HNO_3 , HCl (Merck®). Para os principais metais, como Si, Al e Ti, as amostras foram fundidas usando fusão alcalina (LiBO_2) seguida de redissolução em HCl 2 M. Metais e oligoelementos foram medidos por Espectroscopia de Emissão Óptica (ICP-OES) e Espectrômetro de Massa de Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-MS). A água ultrapura foi obtida da MilliQ (Millipore®). Brancos foram incluídos no conjunto de análises resultando em valores inferiores a 0,1% do respectivo metal. A acurácia analítica foi controlada com material de referência certificado (SRM 1646a - sedimento estuarino). Todos os procedimentos, incluindo as etapas de digestão e evaporação, foram realizados em sala limpa. Todos os utensílios de laboratório e frascos foram limpos com ácido.

A granulometria foi obtida pelo método de Difração Lazer, Low Angle Lazer Light Scattering (LALLS), utilizando o equipamento Bettersizer ST. As amostras foram colocadas em béqueres, umedecidas com água MilliQ e tratadas com 5 ml Peróxido de Hidrogênio (H_2O_2) para a eliminação da matéria orgânica. A solução sobrenadante foi pipetada diretamente para o copo de leitura no granulômetro e o aparelho foi calibrado com CaCO_3 .

4.3 Tratamento De Dados

A análise estatística foi realizada no software Statistica versão 13.3. Para analisar todas as variáveis obtidas nos testes laboratoriais foi utilizado a análise de componentes principais (ACP) ou (PCA), do inglês Principal Component Analysis. A PCA envolve um procedimento matemático que transforma um número de variáveis correlacionadas em um número menor de variáveis não correlacionadas, chamada de componentes principais. Cada principal componente formado é responsável pela explicação total do conjunto de dados.

Para a normalização dos valores dos dados de sedimentos foi utilizada a proposta de Barbieri (2016), de Fator de Enriquecimento (FE). Sendo este, um indicador utilizado para

aferir a intensidade da deposição de contaminantes antropogênicos no solo e em sedimentos. Esse índice de contaminação é calculado pela normalização de uma concentração de metal no solo, ou em sedimentos em relação à concentração de um elemento de referência. Um elemento de referência é um elemento particularmente estável no solo, que se caracteriza por ausência de mobilidade vertical e/ou fenômenos de degradação. A normalização foi feita com o titânio como normalizador, e os valores de background foram adotados dos trabalhos de Carmo; Boaventura; Angélica (2003). O cálculo foi feito com base na equação abaixo:

$$\text{Equação 1: } EF = (CE/RE)_{\text{sedimentos}} / (CE/RE)_{\text{Background}}$$

Sendo o CE a concentração do elemento nas amostras de sedimentos e o RE a concentração do elemento utilizado para a normalização da amostra, sobre a concentração do mesmo elemento e do mesmo normalizador dos valores de background.

5.0 RESULTADOS.

Os resultados dos parâmetros físico-químicos da água da Bacia do Rio Melchior são apresentados na Tabela 1, juntamente com as médias da Bacia do Rio Descoberto (BHRD) reportadas por Carmo; Boaventura; Angélica, 2003 e os valores máximos permitidos na legislação pertinente. Nessa tabela, estão representados os valores “outliers” sendo esses considerados acima do intervalo “média +2σ”

Tabela 2:Concentrações médias, mínimos e máximos dos parâmetros físico químico das águas da bacia do Melchior.

Amostras	pH	CE	NH4	Cl	NO3	SO4	HC03
Ponto 1	6.00	66.7	0.390	5.19	14.7	0.959	19.7
Ponto 2	7.43	76.7	<LD	4.97	20.9	0.950	41.1
Ponto 3	6.18	68.6	0.130	0.635	3.46	1.02	21.2
Ponto 4	7.44	73.3	0.00	4.47	13.8	1.56	47.0
Ponto 5	6.23	83.6	0.160	0.758	3.20	1.13	28.3
Ponto 6	6.42	79.0	0.290	0.630	2.14	1.07	26.0
Ponto 7	6.28	264	12.0	7.15	13.2	10.4	16.5
Ponto 8	7.85	415	7.60	50.5*	50.6*	86.1*	65.7
Ponto 9	6.42	390	8.70	13.8	9.97	22.5	58.9
Ponto 10	5.91	207	13.3	1.80	9.94	8.51	16.1
Ponto 11	7.18	35.0	<LD	0.526	0.188	0.212	30.4
Ponto 12	7.09	193	11.3	18.9	35.7	21.5	12.4
Ponto 13	8.07	290	6.70	25.4	22.6	42.7	57.8
Ponto 14	7.84	285	6.25	41.4	38.6	68.1	57.2
Ponto 15	7.79	212	3.85	16.1	15.1	27.1	49.7
Média	6.94	183	4.70	12.8	16.9	19.6	36.5
Desvio padrão (σ)	1	125	4.98	15.5	14.6	26.7	18.3
Média+2 σ	7.94	433	14	42,8	44,9	72	72,5
Média BHRD	5,9	125,5	17	22	2	8	47
VMP/Portaria 1469	6,5-8,5	-	-	250	10	250	-

Média BHRD (DO CARMO, BOA VENTURA, ANGÉLICA, 2003). Média Crustal (RUDNICK, R. L., 2010).

O pH apresentou uma variação entre 5,91 e 8,07 com média de 6,94. Os valores do pH ficaram acima da média do BHRD, porém mantiveram-se dentro da variação de valores máximos estabelecida pelo CONAMA. O PH variou de 6,57 a 7,79 estando acima da média dos rios do DF (5,6 a 6,85). (Carmo et al., 2005). Porém a faixa de PH do Rio Melchior e do Rio descoberto foram semelhantes as faixas de PH do riacho fundo, estando estes valores associados a entrada de cimento e brita, utilizados na construção civil, que neutralizam o H⁺ elevando o PH da água. (Carvalho, 2013).

A condutividade elétrica é a medida da facilidade de uma água de conduzir a corrente elétrica e está diretamente ligada à o teor de sais dissolvidos sob a forma de íons. A condutividade elétrica variou de 35-415 $\mu\text{S cm}^{-1}$ com média de 183 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Os valores foram superiores às médias da BHRD, tendo os maiores valores nas amostras referentes ao Rio Melchior. A condutividade média do córrego cortado, do Ribeirão Salta Fogo e do Ribeirão Taguatinga foram as menores das amostras estando abaixo das medias do rio descoberto e do riacho fundo. O Rio Melchior e o Rio Descoberto apresentaram as maiores medias deste parâmetro, estando esta alta correlacionada ao aporte de esgoto doméstico nestes pontos. Esses resultados podem estar relacionados ao aporte de água de efluente da ETE Melchior.

Em relação à o cloreto, todos os tributários apresentaram concentrações médias abaixo do nível permitido pelo CONAMA. Porém a presença média do íon foi superior as médias do Riacho fundo, no Córrego Cortado, no Rio Descoberto e no Rio Melchior. Este elemento é utilizado em tratamento de desinfecção por micro-organismos patógenos, sendo comumente associado a descarga de efluentes domésticos em rios naturais. (Carmo et al., 2005; Carvalho, 2013; de Oliveira-Filho,2001) A maior média deste elemento foi averiguada no Rio Melchior, que recebe os efluentes da ETE Melchior (Samambaia).

O Nitrato apresentou médias superiores à o Limite estabelecido pelo Conama nos tributários Córrego Cortado, Rio Melchior e Descoberto. O Nitrato é um elemento tanto associado à agricultura, pelo efeito de lixiviação devido a sua alta mobilidade no solo. (DE OLIVEIRA-FILHO,2001). Também se relacionando ao aporte de esgoto, sendo a fase final do ciclo de nitrificação do nitrogênio, sendo relacionado a efluentes de tratamento de esgoto com Nitrificação. (SPERLING, 2005).

O sulfato também tem sua contribuição na bacia ligada a interferências antrópicas. O Sulfeto é um dos principais macronutrientes para o crescimento das plantas e muito utilizado em culturas no Cerrado. (de Oliveira-Filho, [s.d.]) O enxofre também é introduzido através de produto de limpeza utilizados em indústrias e residências. (Carvalho, 2013). As maiores médias de concentração deste elemento foram referentes à os tributários Rio Melchior e Descoberto, ambos estando acima das médias dos rios do DF.

A amônia apresentou uma variação de 0,130 a 13,3 ml/L com média de 4,70, valor inferior à média observada na BHRD. Localizados logo após a ETE, os maiores valores de amônia foram observados nos pontos 7, 8 e 9.

5.1 RESULTADOS DOS SEDIMENTOS.

5.1.2- Fração granulométrica

A fração granulométrica foi calculada para cada uma das amostras coletadas. A granulometria é apresentada na Tabela abaixo.

Tabela 3: Granulometria das amostras coletadas e médias dos principais Rios da Bacia do Rio Melchior.

Granulometria dos Pontos de coleta.

	Pontos de coleta	Argila%	Silte%	Areia%
	Ponto 1	5.03	10.5	84.5
	Ponto 2	55.7	43.6	0.650
	Ponto 3	15.2	20.5	64.3
	Ponto 4	37.1	16.7	46.0
	Ponto 5	27.9	34.8	37.4
	Ponto 6	7.53	10.2	82.3
	Ponto 7	7.60	7.75	84.7
	Ponto 8	35.9	25.7	38.4
	Ponto 9	25.2	16.0	58.8
	Ponto 10	21.8	17.0	61.2
	Ponto 11	11.9	64.8	23.3
	Ponto 12	24.3	49.0	26.7
	Ponto 13	10.8	11.6	77.6
	Ponto 14	8.20	8.77	83.0
	Ponto 15	17.1	16.6	66.3
Médias dos principais tributários.				
Média	Córrego Cortado	30.4	27.1	42.6
	Ribeirão Taguatinga	21.9	20.5	57.5
	Ribeirão Salta fogo	11.9	64.8	23.3
	Rio Descoberto	17.1	16.6	66.3
	Rio Melchior	19.1	19.4	61.5

As amostras que tiveram seus maiores níveis de argila foram os referentes as amostras do Córrego Cortado, Ribeirão Taguatinga e as amostras a jusante da ETE no Rio Melchior. Todas as amostras que tiveram seus maiores níveis de argila se encontravam em áreas próximas a culturas agrícolas e áreas de tratamento de efluentes. As amostras com maior quantidade de areia em sua composição foram referentes às áreas urbanas os resultados da granulometria da área foram compatíveis com os resultados de (CARMO; BOAVENTURA; ANGÉLICA, 2003).

5.1.3 Material Volátil (MV)

carbonatos, nitratos, sais amoníacos dentre outros, sendo que a matéria orgânica é majoritária (CARMO; BOAVENTURA; DE OLIVEIRA-FILHO, 2002). A média do material volátil nos sedimentos de corrente foi de 20,4%. Os teores de MV > 21% foram os pontos 1, 2, 3e 4 localizados próximos a áreas de produção agrícola e os pontos 8, 9, 10 e 12 referentes aos pontos no rio Melchior a jusante da estação de tratamento de esgoto (ETE Melchior). As águas de estações de tratamento contribuem para o aumento da matéria orgânica nos sedimentos. (SPERLING, 2005).

5.1.4 Elementos Traço e Maiores

Na tabela 2, foram amostrados os resultados dos elementos maiores (%) e traço (mg Kg⁻¹) dos sedimentos de corrente da Bacia do Rio Melchior. Foram também expressos os valores médios dos elementos na crosta terrestre e as médias do período de seca da bacia do Rio Descoberto (BHRD).

Tabela 4: Concentrações médias e desvio padrão dos elementos maiores e traço dos sedimentos e do material particulado do rio Melchior

Concentrações médias, desvio padrão, valores mínimos e máximos																				
Elementos maiores em %									Elementos Traço emmg/Kg											
	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	SiO ₂	TiO ₂	As	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	P	Pb	Sr	V	Zn	Zr
Média	18.9	1.22	7.59	1.70	0.708	0.166	50.7	1.29	16.5	18.5	93.2	53.7	337	20.0	5576	24.3	49.7	119	186	334
Desvio Padrão	6.23	0.994	3.05	0.653	0.327	0.113	12.7	0.547	3.55	4.38	26.4	31.1	266	4.87	6060	9.79	31.1	37.3	111	107
Mínimo	10.3	0.224	0.933	0.575	0.166	0.0111	34.2	0.441	8.98	8.89	39.7	14.3	24.2	8.70	222	5.00	12.3	45.2	21.4	189
máximo	32.2	3.24	12.6	2.61	1.20	0.363	80.3	2.49	22.8	27.0	138	140	1136	28.4	19551	44.6	117	190	382	535
Médias do BHRD	7	0,2	3	0,9	0,3	0,3	25	0,5	-	17	61	21	242	21	754	-	27	79	60	-
Média da Crosta	15.4	3.39	5.04	2.80	2.48	3.27	66.6	0.64	4.8	17,3	92	28	-	47	-	17	-	97	67	193
Média P.	3.84	0.324	1.34	0.264	0.130	0.0299	-	0.169	-	-	17.0	27.7	96.1	-	6592	-	18.0	15.2	140	32.0
Desvio Padrão	0.191	0.0174	0.101	0.0846	0.0222	0.00244	-	0.00974	-	-	0.603	8.01	56.8	-	2470	-	2.47	1.96	42.1	5.93

Média P= Média material particulado. Média BHRD (DO CARMO, BOAVENTURA, ANGÉLICA, 2003). Média Cns tal (RUDNICK, R. L, 2010).

O alumínio apresentou uma média de 18,9%, valor bem superior à média da Bacia do Rio Descoberto e da média da crosta terrestre. Os pontos que apresentaram os maiores valores deste elemento foram os pontos em áreas urbanas que tinham uma maior área de solo exposto e menor quantidades de matas ciliares. Assim como no trabalho de Carmo; Boaventura; DE

oliveira-filho (2002) o Al na bacia do Rio Melchior pode ter uma origem predominantemente geológica proveniente de processos de intemperismo e lixiviação. O comportamento do Titânio também foi similar, o que indica a associação dos elementos a composição geológica da região.

O ferro também apresentou uma média superior à da BHRD e da média da crosta. Esse elemento é comumente associado a impurezas de rochas calcárias, utilizadas na produção de fertilizantes especialmente os superfosfatos. A variação deste elemento coincidiu com as áreas de produção agrícola na bacia.

O cálcio, o potássio, o magnésio e o sódio apresentaram médias inferiores às da crosta terrestre e valores similares aos da BHRD. Estes elementos tiveram seus maiores valores nos pontos próximos a ETE Melchior (pontos 7, 8, 9 e 10) e das culturas agrícolas (pontos 2 e 5).

O cobalto o níquel e o vanádio não apresentaram médias muito superiores à das médias do BHRD. Estes elementos podem ser considerados elementos traço na área em função da associação da geologia do local, justificando as médias similares com os valores de background.

O arsênio, o cobre, o chumbo, o fósforo, o manganês, e o zinco apresentaram médias muito superiores as médias da Bacia do Rio Descoberto. Os pontos onde foram encontrados os maiores valores destes elementos foram próximos a culturas agrárias (2 e 5) e os pontos a jusante da ETE (7, 8, 9 e 10).

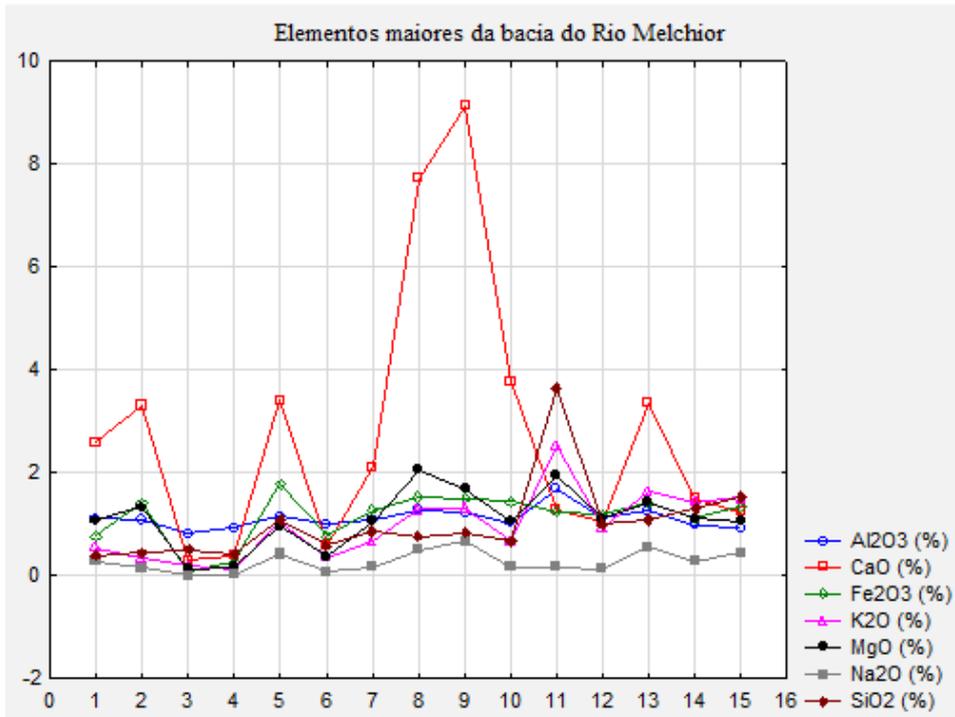
6.0 DISCUSÃO.

6.1 FATOR DE ENRIQUECIMENTO (EF).

A quantificação do impacto antropogênico nos sedimentos de fundo da área da bacia hidrográfica, pode ser estimada com a utilização do fator de enriquecimento. Os elementos com $EF > 1$ podem ser considerados enriquecidos em relação ao background natural da área, eventualmente por atividades antropogênicas difusas ou pontuais.

Os valores do fator de enriquecimento (EFs) são divididos em cinco faixas sendo elas: $EF < 2$ enriquecimentos inexistente ou mínimo; $2 < EF < 5$ enriquecimentos moderado; $5 < EF < 20$ enriquecimentos significante; $20 < EF < 40$ enriquecimentos muito alto; $EF > 40$ enriquecimentos extremamente alto. Abaixo são demonstrados todos os elementos.

Figura x: Fator de Enriquecimento dos elementos maiores nas amostras de sedimentos do Rio Melchior.

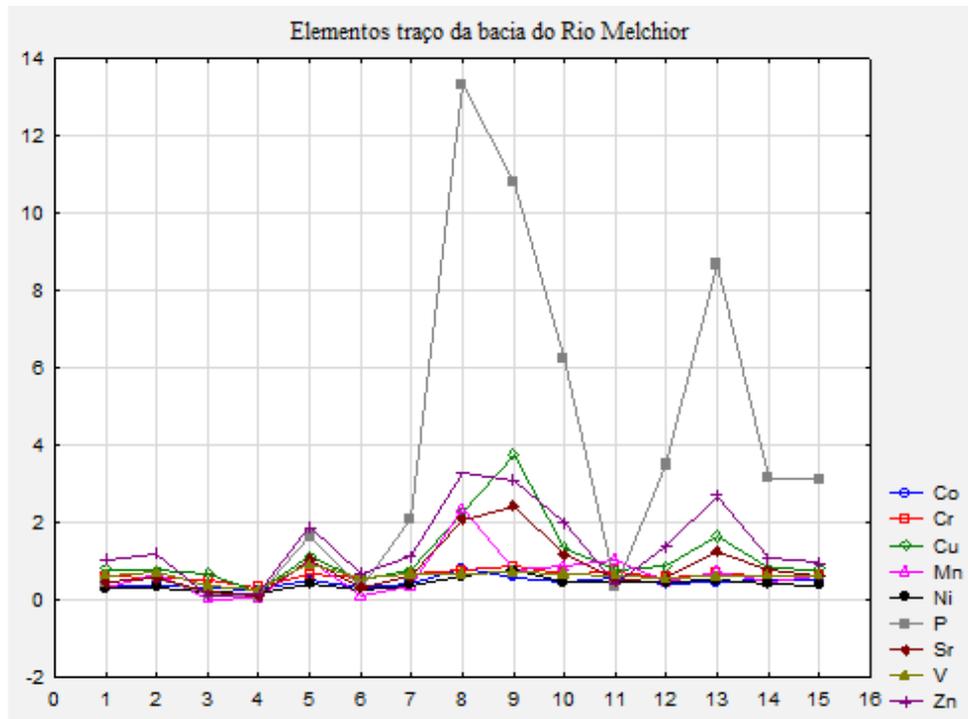


Os elementos maiores em sua grande maioria não apresentaram um FE significativo, $FE > 2$. O que demonstrou um maior enriquecimento em toda a bacia foi o cálcio. Demonstrou picos próximos dos pontos 2 e 5 ainda dentro da parte mais urbanizada da bacia. Esses pontos eram próximos de áreas de agricultura, estando o enriquecimento do Cálcio nessas áreas relacionado a correções de solos com calcário, muito comuns nos solos do cerrado, o enriquecimento do Mg colabora com este efeito. (DE OLIVEIRA-FILHO, 2008). Porém o maior enriquecimento do Cálcio na bacia foi a jusante da ETE Melchior, o aumento do elemento nestes pontos é referente ao processo de calcificação realizado em tratamentos de água no DF.

O Ferro também demonstrou um enriquecimento nos pontos 2 e 5, indicando a utilização de fertilizantes superfosfatos nessas áreas.

O ponto 11 referente ao Ribeirão Salta Fogo. Ele demonstrou altas nas acumulações de Si, K, Al e Mg, todos elementos comuns em argilo minerais e sua presença esta correlacionada a o solo do ponto de coleta ser um solo mais sujeito a esta degradação. (MARTINS et al., 2004).

Figura x: Fator de Enriquecimento dos elementos traço nas amostras de sedimentos do Rio Melchior.

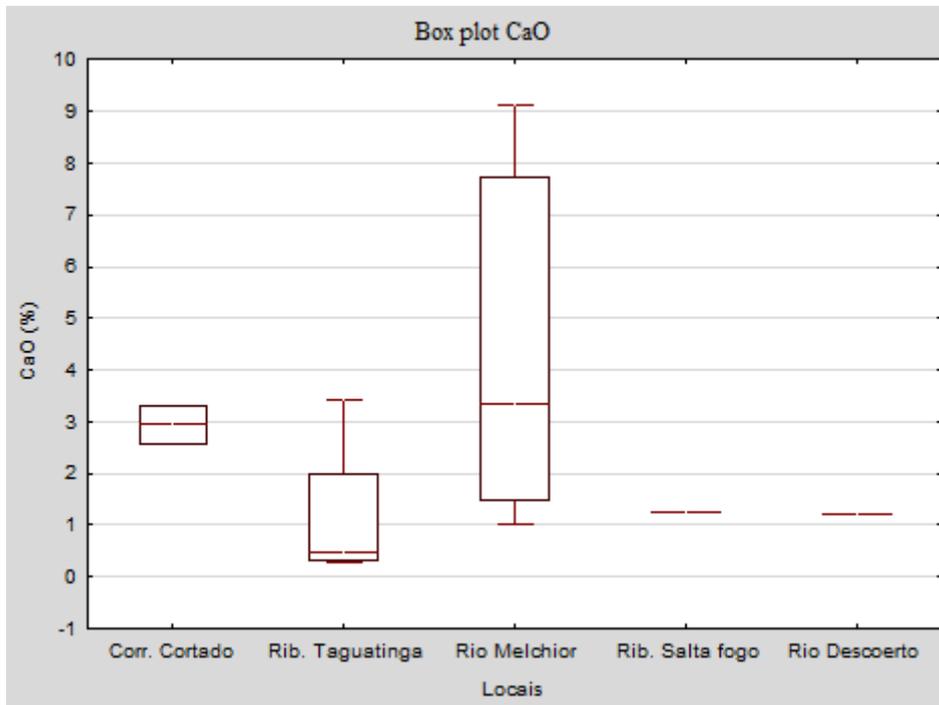


Em relação à os elementos traço o fosforo foi o que teve a maior concentração nas amostras. Apresentando seu pico de acumulação nas amostras a jusante da ETE Melchior. Os picos de concentração deste elemento nos trechos referentes as amostras do Rio Melchior indicam a entrada de fontes de contaminação difusas. A sua diluição na corrente e decorrente da alta correlação do elemento com o oxido de manganês sugerindo a adsorção deste elemento na forma de precipitado. (GIBBS, 1973; CARMO; BOAVENTURA; DE OLIVEIRA-FILHO, 2002).

O zinco e o cobre demonstraram um alto enriquecimento nas amostras, especialmente nas amostras a jusante da ETE Melchior. Sendo estes elementos muito correlacionados com a contaminação por Aporte de lodo de Esgoto. (FRANZ et al., 2013; TORRES et al., 2005).

Abaixo são demonstrados todos os elementos com um EFs > 3 que indica uma contaminação moderada de acordo com (BARBIERI, 2016). Os valores do enriquecimento forma divididos entra os principais rios de onde as amostras forma coletadas.

Figura 2:Box plots dos valores de enriquecimento do CaO dividido pelos principais rios da área.



1Figura 3:Box plots dos valores de enriquecimento do Cu dividido pelos principais rios da área.

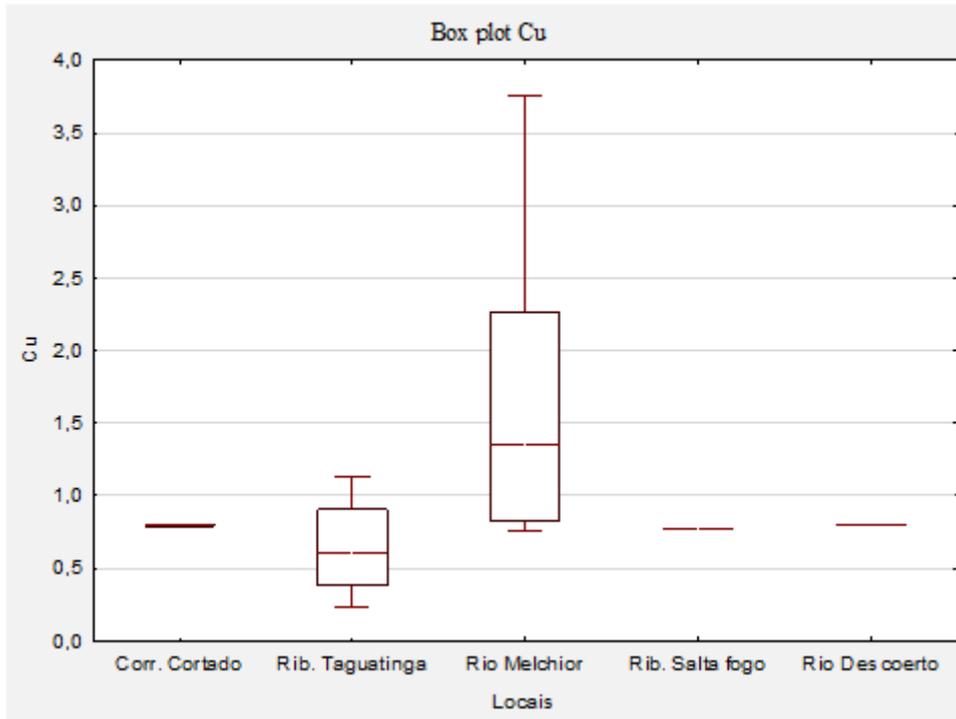
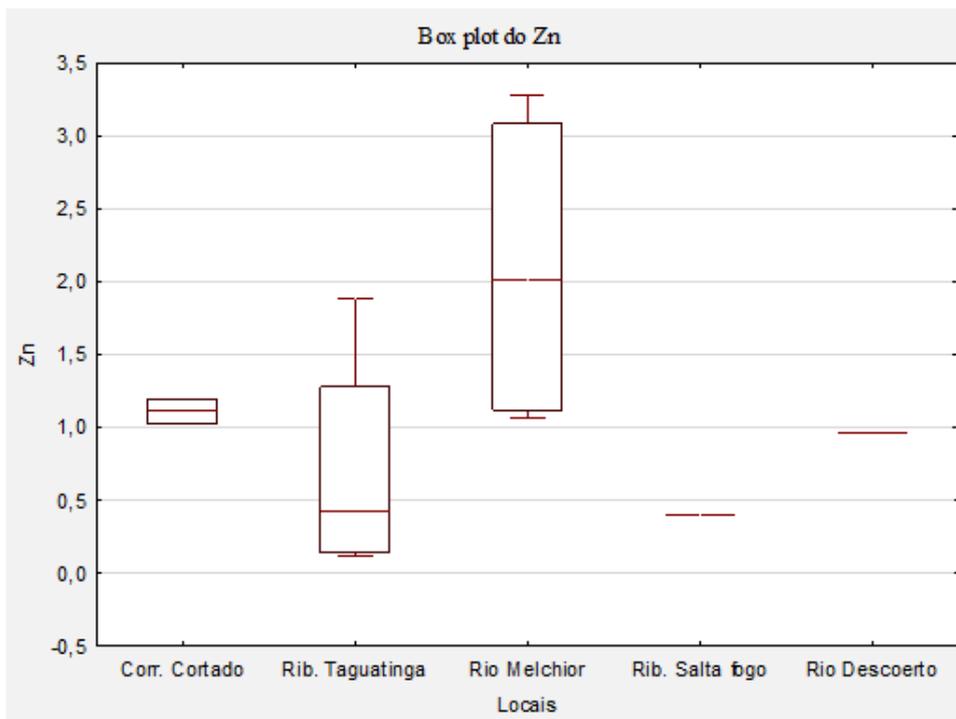
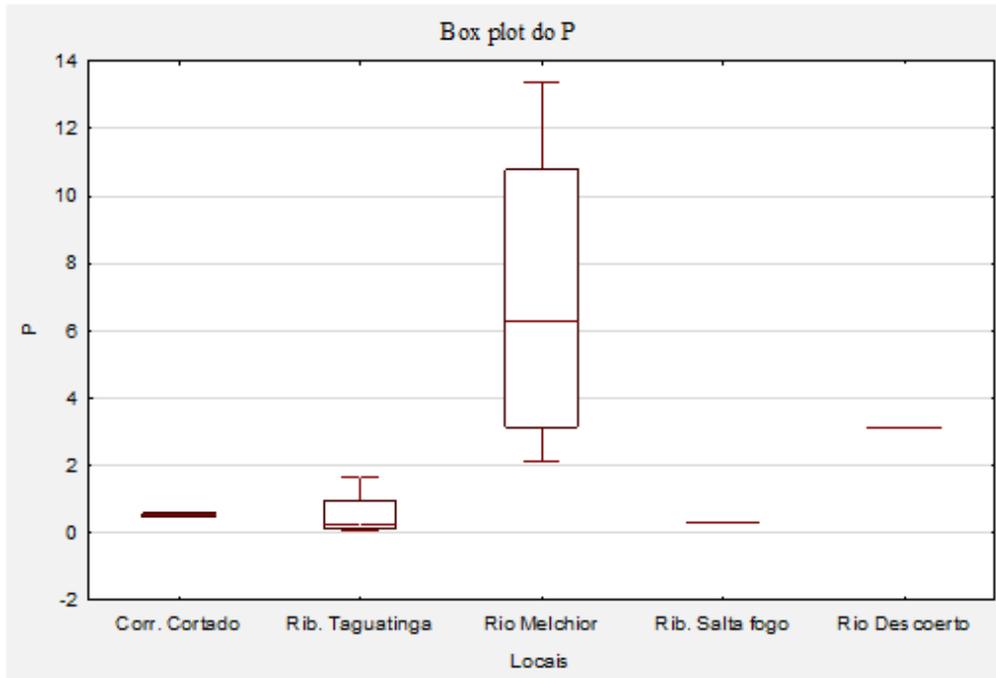


Figura 4:Box plots dos valores de enriquecimento do Zn dividido pelos principais rios da área.



2Figura 2:Box plots dos valores de enriquecimento do P dividido pelos principais rios da área



Os elementos que tiveram um $EF > 3$ foram Ca, P, Zn, Cu. A distribuição das amostras pelos contribuintes principais da bacia evidenciou a discrepância de enriquecimento do Rio Melchior em relação aos demais. Todos os elementos que apresentaram EF significativos tiveram seus maiores enriquecimentos no Rio Melchior a jusante da ETE, sendo estes elementos altamente correlacionados às contaminações por lodo de esgoto (FRANZ et al., 2013; TORRES et al., 2005).

6.2 Investigações Das Fontes De Contaminação Material Dissolvido.

Para uma melhor interpretação dos resultados obtidos no laboratório e eliminar possíveis erros associados a diversas fontes foi aplicada a Análise dos Componentes Principais- ACP ou PCA (do inglês Principal Component Analysis). A PCA do material dissolvido explicou 86,51% da variação total do conjunto de dados original, sendo 65,82% desta variação explicada pelo primeiro componente principal (PC1) e 18,06% explicado pelo segundo componente principal (PC2).

Tabela 5: Matriz de agrupamento das variáveis com os Principais componentes do material Dissolvido

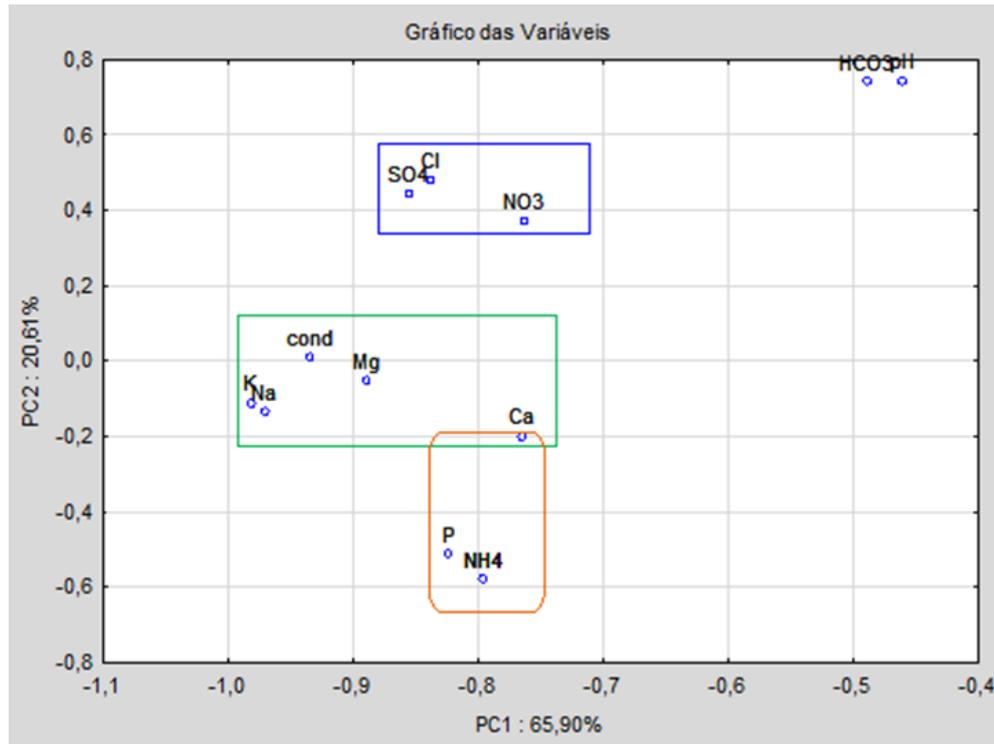
Mátriz de agrupamento dos Principais Componentes do Dissolvido

	Component	
	1	2
PH		0.880
C.E	0.774	
Ca	0.777	
Mg	0.775	
Na	0.887	
NH ₄	0.973	
Cl		0.858
NO ₃		0.733
SO ₄		0.837
HCO ₃		0.886
P	0.967	

Nota: ao valores abaixo de $p < 0,6$ foram ocultados.

Os elementos que mais se correlacionaram com a PC1 foram: P, NH₄, Na, Ca, C.E e Mg, respectivamente formado dois agrupamentos. O primeiro formado pelo Mg a C.E e o Na e o segundo formado pelo P, NH₄ o Ca.

3Figura 11:PCA dos agrupamentos dos cátions e ânions maiores do material dissolvido



O primeiro agrupamento é formado pelo Mg, Na, Ca e C.E. O magnésio, o sódio, o potássio e o cálcio fazem parte da geologia local, sendo elementos extremamente móveis. O grupo formado por estes elementos tem diversos aportes para a bacia. A lixiviação urbana (Ca, Mg), o aporte de materiais da construção civil, a lixiviação de áreas agrícolas (Mg, Ca, Na) e o aporte de esgoto (CARVALHO, 2013; SPERLING, 2005; DE OLIVEIRA-FILHO, 2002). Tornando difícil a diferenciação exata da fonte de contaminação deste grupo para a bacia. Porém os elementos apresentaram um aumento expressivo em suas concentrações a partir do Rio Melchior a jusante da ETE, o que indica que esta é a principal fonte de aporte destes elementos para a bacia.

O segundo grupo relacionado com a PC1 é formado pelo Ca, P e o NH₄. Este grupo é relacionado ao aporte de esgoto para a bacia, sendo estes de contaminações recentes. A amônia é produzida como o primeiro estágio de decomposição do nitrogênio orgânico. Sua presença é correlacionada a contaminações recentes por efluentes domésticos ou da entrada de esgoto

bruto, o que causa preocupação devido a toxicidade desta espécie química para os peixes. Apesar destes elementos estarem correlacionados a esgoto não tratado, os seus maiores níveis foram encontrados a partir da ETE Melchior. Nas amostras do rio Melchior os níveis de NH_4 , estão bem próximos dos níveis de NO_3 . Ambos apresentaram concentrações elevadas, o que pode indicar uma ineficácia no sistema de reatores anaeróbios de fluxo ascendente na remoção de nutrientes dos efluentes. (SPERLING, 2005; RAMOS, 2008).

O último grupo é formado pelo nitrato, o sulfato e o cloro que indicam a contaminação da água superficial por efluentes domésticos, sendo uma contaminação antiga devido a presença do nitrato. Todos os três ânions apresentaram comportamentos muito semelhantes nas amostras, tendo seu pico no ponto 8 a jusante da ETE Melchior e posteriormente apresentando uma ligeira diluição de suas concentrações seguida de um aumento, indicando assim a existência de fontes de contaminações difusas ao longo do Rio Melchior.

6.3- Investigações das Fontes de Contaminação dos Sedimentos.

A PCA de sedimentos explicou 72,92% da variação total do conjunto de dados originais. A PC1 explicou 49,27% desta variação demonstrando uma alta correlação com os elementos: CaO , MgO , Na_2O , Cu , MnO , P e Zn , sendo os pontos que mais se correlacionaram com este componente os pontos 1, 8, 9, 10 e 13. Já a PC2 explicou 29,65% da variação, tendo uma alta correlação com os elementos: Al_2O_3 , TiO_2 , As , Cr e o Pb tendo uma alta correlação com os pontos 1, 4, 3 e 6. Foram formados 4 grupamentos na PCA sendo 3 agrupamentos correlacionados com a PC1 e um agrupamento correlacionado com a PC2.

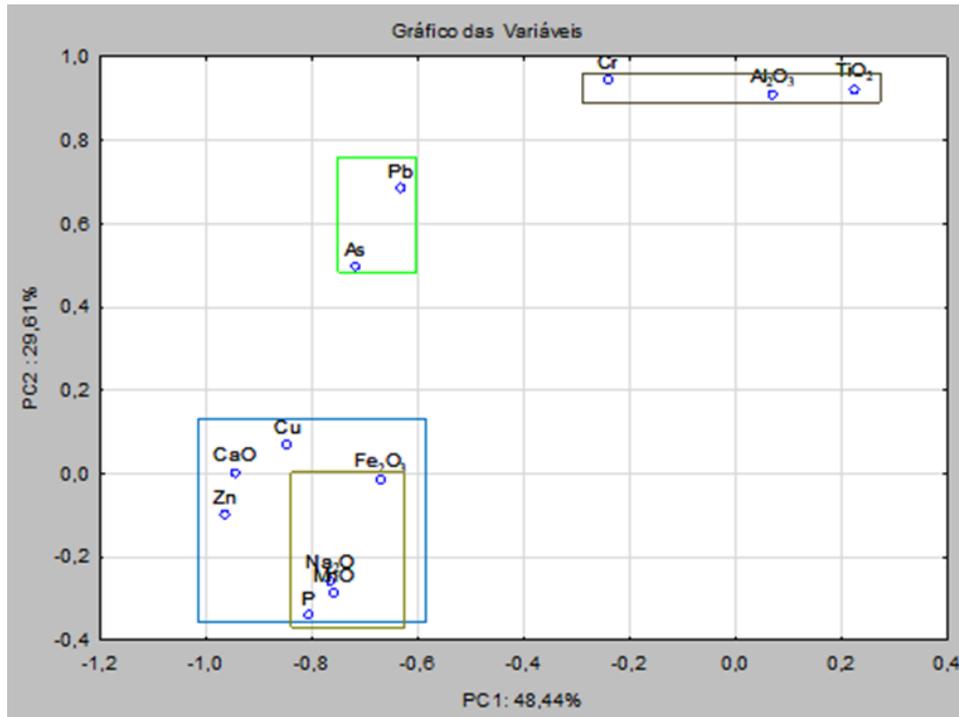
4Tabela 6: Matriz de agrupamento das variáveis com os principais componentes do material sedimentar

Mátriz de agrupamento dos Principais Componentes dos Sedimentos

	Component	
	1	2
Al ₂ O ₃		0.887
Na ₂ O	0.794	
TiO ₂		0.879
As	0.637	0.591
Cr		0.968
Cu	0.827	
P	0.846	
Pb	0.527	0.767
Zn	0.968	
CaO	0.935	
Fe ₂ O ₃	0.663	
MnO	0.791	

Nota: ao valores abaixo de $p < 0,5$ foram ocultados.

5Figura 12:PCA dos agrupamentos dos cátions e ânions maiores dos sedimentos



O agrupamento que se correlacionam com a PC2 é formado pelos elementos Cr, Al e Ti. Tanto o alumínio quanto o titânio são provenientes da geologia local formando o grupo de elementos terrígenos da região. Essa associação com o grupo geológico também foi observada no trabalho de (CARMO; BOAVENTURA; DE OLIVEIRA-FILHO, 2002). Os maiores valores destes elementos foram encontrados na parte Nordeste da bacia, a mais urbanizada. Devida degradação das matas ciliares e da cobertura natural, observou-se um aumento da concentração dos elementos deste grupo associada a processos de intemperismo na região.

O primeiro agrupamento que se correlacionou com a PC1 é formado pelos elementos Pb e As. Esse grupo teve correlação com ambos os componentes principais. Os pontos onde estes elementos tiveram seus maiores fatores de enriquecimento foram os pontos 2, 5, 8, 9 e 10, localizados próximos de rodovias (2, 5), áreas agrícolas (2, 5, 9 e 10) e de aterros sanitários (8). Sendo que estas práticas estão relacionadas a poluição de metais pesados (FRANZ et al., 2013; TORRES et al., 2005; TONHA, 2021; GRANIER, L. et al, 1990). As maiores médias dos

valores destes elementos foram encontrados nos pontos (2, 5, 9 e 10), próximas a culturas agrícolas. A formação deste agrupamento e o seu enriquecimento na bacia, se deve a utilização de pesticidas em culturas agrícolas próximas ao curso de água.

O segundo agrupamento formado na PC1 é composto pelo CaO, Zn, Cu, Fe₂O₃, Na₂O, MnO e P. Os elementos deste agrupamento apresentaram um comportamento parecido, tendo seus maiores valores nos pontos (2, 5, 8, 9, 10 e 13). Sendo estes pontos próximos de áreas de produção agrícola (2, 5, 9 e 10) de tratamento de água (8, 9 e 10) e áreas urbanizadas que contribuem para o enriquecimento destes elementos. As maiores concentrações destes elementos foram reportadas a jusante da ETE Melchior, que pode indicar que este agrupamento é referente a contaminações de lodo de Esgoto.

O Cálcio teve seus maiores níveis também nas amostras a jusante da ETE, tanto na PCA do material dissolvido quanto na de sedimentos ele se correlacionou com o agrupamento proveniente de efluentes domésticos, demonstrando que esta é a maior fonte de enriquecimento do cálcio na bacia.

O coeficiente de partição (K_d) é definido pela razão das concentrações do material particulado ($C_{\text{particulado}}$) e a concentração nos sedimentos ($C_{\text{sedimentos}}$). O cálcio, o titânio, o alumínio, o potássio e o cobre tiveram uma tendência de aumentar suas concentrações na fração particulado, o que indica fontes de contaminações difusas ao longo do Rio Melchior. Já o fósforo e o zinco tiveram uma maior acumulação na fração dos sedimentos indicando uma preferência da acumulação destes elementos na fração sedimentar da região. (TONHA, 2021).

7.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS.

Com a utilização de técnicas estatísticas foi possível identificar os processos de alteração da qualidade da água dos principais tributários da Bacia Rio Melchior, além de diferenciar a contribuição dos parâmetros de origem geológica e antropológicos. Apontou-se que a contribuição de K, Mg, Na são de processos de lixiviação urbana, enquanto que a entrada de SO_4 , NO_3 e de Cl^- são indicadores de contaminação por efluentes da ETE. O Ca, o P e o NH_4 têm seu enriquecimento na bacia devido a entrada de efluentes domésticos. As altas concentrações de amônia nas localizações a jusante da ETE podem indicar uma baixa eficácia do sistema de tratamento de esgoto na remoção de nutriente.

Os cálculos do Fator de Enriquecimento demonstraram que os sedimentos da área se encontravam enriquecidos principalmente para os elementos Ca, Cu, P e Zn, elementos característicos de contaminação por efluentes domésticos. O fósforo teve o mais alto dos valores, apresentando um fator de enriquecimento bastante significativo e muito acima dos outros elementos. Apesar desta alta após a ETE, ocorreu o processo de precipitação associado aos óxidos/hidróxidos de Fe e Mn deste elemento, o que diminui consideravelmente sua concentração até a entrada da bacia do Rio Descoberto.

Nos sedimentos, os elementos que apresentaram as maiores concentrações foram o Zn, Cu, Ca, P e K, tendo todos os elementos seus pontos mais altos de acumulação a jusante da ETE e de áreas agrícolas, sendo estas duas atividades as maiores responsáveis pelo enriquecimento dos elementos na bacia. O As e o Pb tiveram suas maiores contribuições na bacia diretamente relacionadas ao lodo de esgoto e da utilização de pesticidas em áreas agrícolas.

É notório os altos níveis de contaminação no Rio Melchior, em comparação aos seus principais tributários. Apesar de haver contribuições do aporte de construção civil, área agrícolas e fontes de contaminação difusas, concluímos que a ETE é a maior fonte de enriquecimento destes elementos para a bacia hidrográfica do mesmo. Essa alta fonte de enriquecimento da ETE Melchior provavelmente está correlacionada a uma ineficácia do sistema de reatores anaeróbios de fluxo ascendente na remoção de nutrientes (P, N) e no possível arraste de lodo de esgoto, que acaba por enriquecer os sedimentos da bacia com metais

pesados e substâncias tóxicas. É recomendável a implementação de um sistema de pós tratamento nos efluentes da ETE Melchior, afim de que as águas tratadas estejam dentro do padrão de qualidade ambiental.

8.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBIERI, MJGG. **The importance of enrichment factor (EF) and geoaccumulation index (Igeo) to evaluate the soil contamination.** J Geol Geophys, v. 5, n. 1, p. 1-4, 2016.
- BRANDÃO, Alexandre; PAVIANI, Aldo. **A crise e o consumo de água em Brasília. Brasília: Companhia de Planejamento do Distrito Federal, Texto para Discussão, n. 39, p. 26, 2018.**
- DO CARMO, Marciléia Silva; BOAVENTURA, Geraldo Resende; ANGÉLICA, Rômulo Simões. **Estudo geoquímico de sedimentos de corrente da bacia hidrográfica do Rio Descoberto (BHRD), Brasília/DF.** Geochimica Brasiliensis, v. 17, n. 2, 2003.
- CARMO, Marciléia Silva do; BOAVENTURA, Geraldo Resende; OLIVEIRA, Edivan Costa. **Geochemistry of the waters of the Descoberto River hydrographic basin, Brasília/DF-Brazil.** Química Nova, v. 28, p. 565-574, 2005.
- CAMPOS, José Eloi Guimarães. **Hidrogeologia do Distrito Federal: bases para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos.** Brazilian Journal of Geology, v. 34, n. 1, p. 41-48, 2004.
- CARVALHO, Alexandre Morais de. **Estudo geoquímico da qualidade da água da bacia do Riacho Fundo-DF.** 2013.
- COSTA, Normara Yane Mar da. **Estudo geoquímico e de contaminantes emergentes na bacia do lago Paranoá.** 2014.
- DE OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino; LIMA, Jorge Enoch Furquim Werneck. **Potencial de impacto da agricultura sobre os recursos hídricos na região do cerrado.** 2002.
- EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento dos solos do distrito federal.** Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1978.
- FRANZ, C. et al. **Geochemical signature and properties of sediment sources and alluvial sediments within the Lago Paranoá catchment, Brasilia DF: A study on anthropogenic introduced chemical elements in an urban river basin.** Science of the Total Environment, v. 452, p. 411-420, 2013.
- FEITOSA, Fernando A. Carneiro et al. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações.** CPRM, 2008.
- GRANIER, L. et al. **Urban runoff pollution by organochlorines (polychlorinated biphenyls and lindane) and heavy metals (lead, zinc and chromium).** Chemosphere, v. 21, n. 9, p. 1101-1107, 1990.
- Gibbs, R.J., Science 1973, 180, 71
- Li, X.; Han, G.; Liu, M.; Yang, K. & Liu, J. **Hydro-Geochemistry of the River Water in the Jiulongjiang River Basin, Southeast China: Implications of Anthropogenic Inputs and**

Chemical Weathering. International Journal of Environmental Research and Public Health, 16, 440 (2019).

LOBATO, Edson; DE SOUSA, D. M. G. Cerrado: **correção do solo e adubação.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004., 2004.

REATTO, Adriana et al. **Mapa pedológico digital-SIG atualizado do Distrito Federal escala 1: 100.000 e uma síntese do texto explicativo.** 2004.

RIBEIRO, Marcelo Orlandi. **Estudo da Poluição e Autodepuração nos Rios Melchior e Descoberto, na Bacia do Descoberto–DF-GO, com auxílio de modelos matemáticos de simulação de qualidade da água, para estudos de seu comportamento atual e futuro.** Distrito Federal: PTARH-UNB, 2001.

RUDNICK, R. L. et al. **Composition of the continental crust.** The crust, v. 3, p. 1-64, 2003.

Sarker, M. K. U.; Majumder, A. K.; Haque, M. Z.; Hossain, M. S.; Nayeem, A. A. **Assessment Of Inland Water Quality Parameters Of Dhaka City, Bangladesh.** Environment & Ecosystem Science, 3(1): 13-16 (2019)

SEER, Hildor José et al. **Grupo Araxá em sua área tipo: um fragmento de crosta oceânica neoproterozóica na Faixa de Dobramentos Brasília.** Revista Brasileira de Geociências, v. 31, n. 3, p. 385-396, 2001.

Teixeira, W.; Toledo, M.C.; Fairchild, R. T.; Taioli, F. **Decifrando a terra.** 3ª ed. São Paulo. 2000.

TONHÁ, Myller S. et al. **Trace metal dynamics in an industrialized Brazilian river: A combined application of Zn isotopes, geochemical partitioning, and multivariate statistics.** journal of environmental sciences, v. 101, p. 313-325, 2021.

TORRES, Admilson Moreira et al. **Geoquímica dos sedimentos e solos.** SOUZA, CRG; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, AMS; OLIVEIRA, PE, 2005.

VELOSO, H. P. **Manual técnico da vegetação brasileira,** IBGE. ed. 2012.

VIEIRA, Sônia Mara Manso et al. **Application of the UASB technology for sewage treatment in a small community at Sumare, Sao Paulo State.** Water Science & Technology, v. 30, n. 12, p. 203-210, 1994.

VON SPERLING, Marcos. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos,** v. 3, p. 452, 2005.

Wedepohl K. H. **Handbook of Geochemistry.** 1978, Berlin: Springer Verlag.

