

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA DA ESCOLA POLITÉCNICA

KATIA RAULICKIS FORTES PEREIRA

**Avaliação de Risco Ecológico preliminar em área de influência de uma indústria
sucroalcooleira no estado de Mato Grosso do Sul**

SÃO PAULO
2020

KATIA RAULICKIS FORTES PEREIRA

**Avaliação de Risco Ecológico preliminar em área de influência de uma indústria
sucroalcooleira no estado de Mato Grosso do Sul**

Versão Corrigida

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para a obtenção do título de Especialista em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de Brownfields.

Orientadora: Profa. Karin Guiguer, Ph.D.

SÃO PAULO

2020

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-publicação

Pereira, Katia Raulickis Fortes

Avaliação de Risco Ecológico preliminar em área de influência de uma indústria sucroalcooleira no estado de Mato Grosso do Sul / K. R. F. Pereira - São Paulo, 2020.

70 p.

Monografia (MBA em MBA em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de Brownfields) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Química.

1.Risco Ambiental 2.Fauna Silvestre 3.Ecotoxicologia 4.Avaliação de Risco Ecológico I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Química II.t.

RESUMO

PEREIRA, Katia Raulickis Fortes. Avaliação de Risco Ecológico preliminar em área de influência de uma indústria sucroalcooleira no estado de Mato Grosso do Sul. 2020. 70 f. Monografia (MBA em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de Brownfields) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

A Avaliação de Risco Ecológico (ARE) é uma importante etapa para o Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC) para a análise do ecossistema como um todo. Apesar de ser um método recente e pouco utilizado no Brasil, a ARE permite a caracterização dos riscos aos ecossistemas e são utilizadas para mensurar a probabilidade de efeitos adversos no futuro ou avaliar a probabilidade de os efeitos terem sido causados pela exposição prévia a estressores. Pensando na importância de novos estudos da ARE em diversos setores industriais, foi elaborada uma avaliação de risco ecológico com dados secundários oriundos de um estudo de investigação de passivo ambiental realizado numa usina de álcool e açúcar no estado de Mato Grosso do Sul. Foram utilizados para esse estudo os resultados de água superficial, água subterrânea e solo, afim de verificar ocorrência de possível contaminação na área da indústria sucroalcooleira, próximo aos tanques de vinhaça e águas residuárias. A avaliação foi elaborada como intuito de verificar se substâncias químicas de interesse (SQI) podem influenciar negativamente a biota na área de influência do empreendimento. Deste modo, foi feita uma avaliação determinística de risco que é considerada preliminar e conservadora. Dentre os resultados das análises laboratoriais realizadas nos compartimentos mencionados, foram identificadas apenas SQI no compartimento solo quanto aos parâmetros de alumínio, cromo, ferro e manganês. Para o estudo da ARE, foram selecionadas espécies alvo para representarem os grupos que ocorrem na região (plantas, invertebrados terrestres, aves e mamíferos). As rotas de exposição foram identificadas de acordo com as características das SQI presentes no meio e o Modelo Conceitual de Exposição Ecológico foi criado a partir dessa análise. Dentre as rotas de exposição possíveis para as SQI, as rotas consideradas completas foram: do solo para as plantas, do solo para os animais via ingestão de solo e o consumo de alimentos contaminados. Na avaliação quantitativa de exposição, foram

calculadas as possíveis doses presentes nos receptores ecológicos e realizadas as comparações dos valores encontrados em literatura (Valores de Toxicidade de Referência) para definição do quociente de risco (QR) para cada espécie alvo. Dessa forma, os resultados obtidos indicaram que as concentrações de alumínio presente no solo apresentaram QR maior que 1 para as plantas, invertebrados e aves. O ferro apresentou valores acima de 1 para as plantas e aves, indicando potencial de risco para estes. Quanto ao elemento cromo, foi verificado que para as aves esse parâmetro pode ter efeito tóxico. Para o grupo dos mamíferos não foram verificadas concentrações com potencial efeito tóxico.

Palavras-chave: Avaliação de Risco Ecológico. Usina Sucroalcooleira. Fauna Terrestre.

ABSTRACT

PEREIRA, Katia Raulickis Fortes. Preliminary Ecological Risk Assessment in an area of influence of a sugar and alcohol industry in the state of Mato Grosso do Sul. 2020. 70 f. Monografia (MBA em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de Brownfields) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

The Ecological Risk Assessment (ARE) is an important step for the Management of Contaminated Areas (GAC) for the analysis of the ecosystem as a whole. Despite being a recent method and little used in Brazil, ARE allows the characterization of risks to ecosystems and are used to measure the probability of adverse effects in the future or to evaluate the probability of the effects having been caused by previous exposure to stressors. Thinking about the importance of new ARE studies in several industrial sectors, an ecological risk assessment was elaborated with secondary data from an environmental liability investigation study carried out in an alcohol and sugar plant in the state of Mato Grosso do Sul. this study the results of surface water, groundwater and soil, in order to verify the occurrence of possible contamination in the area of the sugar and alcohol industry, close to vinasse tanks and wastewater. The assessment was designed to verify whether chemical substances of interest (SQI) can negatively influence biota in the area of influence of the project. Thus, a deterministic risk assessment was made, which is considered preliminary and conservative. Among the results of laboratory analyzes carried out in the mentioned compartments, only SQI were identified in the soil compartment regarding the parameters of aluminum, chromium, iron and manganese. For the ARE study, target species were selected to represent the groups that occur in the region (plants, terrestrial invertebrates, birds and mammals). The exposure routes were identified according to the characteristics of the SQI present in the environment and the Conceptual Model of Ecological Exposure was created from this analysis. Among the possible exposure routes for SQI, the routes considered complete were: from soil to plants, from soil to animals via ingestion of soil and consumption of contaminated food. In the quantitative exposure assessment, the possible doses present in the ecological receptors were calculated and comparisons of the values found in the literature (Reference Toxicity Values) were performed to define the risk quotient (QR) for each

target species. Thus, the results obtained indicated that the concentrations of aluminum present in the soil had a QR greater than 1 for plants, invertebrates and birds. Iron showed values above 1 for plants and birds, indicating a potential risk for them. As for the chromium element, it was found that for birds this parameter can have a toxic effect. For the mammal group, concentrations with potential toxic effect were not verified.

Keywords: Ecological Risk Assessment; Sugar-alcohol plant; Terrestrial fauna.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Croqui da área industrial com a localização dos pontos selecionados para a sondagem e coleta de solo.....	25
Figura 2 - Localização dos Pontos de Amostragem de Águas Superficiais.	26
Figura 3 - Localização dos Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas.	26
Figura 4 - Modelo Conceitual de Exposição Ecológica (MCEE) para uma área de investigação de passivo ambiental de uma Usina Sucroalcooleira em Mato Grosso do Sul.	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Informações das amostragens através do método SPT – Sondagem a Percussão, realizada na área investigada do empreendimento.	25
Tabela 2 – Seleção das Substâncias Químicas de Interesse no Solo	29
Tabela 3 – Seleção das Substâncias Químicas de Interesse na água superficial.....	30
Tabela 4 - Seleção das Substâncias Químicas de Interesse na água subterrânea.	31
Tabela 5 - Espécies alvo selecionadas para a Avaliação de Risco Ecológico.	37
Tabela 6 - Concentração das substâncias químicas de interesse nas Plantas.	41
Tabela 7- Concentração das substâncias químicas de interesse nos Invertebrados.	42
Tabela 8 – Dose de exposição dos contaminantes para as Espécies Alvo.....	44
Tabela 9 – Valores de Referência Toxicológica para as substâncias químicas de interesse.....	45
Tabela 10 – Quociente de risco para plantas terrestres.	47
Tabela 11 – Quociente de risco para invertebrados terrestres.....	48
Tabela 12 – Quociente de risco para aves e mamíferos.	49

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
2.	REVISÃO DA LITERATURA	11
2.1	INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA	11
2.2	AVALIAÇÃO DE RISCO ECOLÓGICO	13
3.	OBJETIVOS	16
3.1.	OBJETIVOS GERAIS	16
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
4.	HISTÓRICO AMBIENTAL	17
4.1	HISTÓRICO DO PROCESSO AMBIENTAL E OPERACIONAL DA ÁREA DE ESTUDO	17
5.	DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	20
5.1	USO E OCUPAÇÃO	20
5.2	GEOLOGIA LOCAL	20
5.3	HIDROLOGIA E HIDROGEOLOGIA	21
5.4	CLIMA E CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS	21
5.5	ECOLOGIA REGIONAL	21
6.	METODOLOGIAS UTILIZADAS	24
6.1	PONTOS DE AMOSTRAGEM	24
6.2	METODOLOGIA DE COLETA	26
6.3	AVALIAÇÃO DE RISCO ECOLÓGICO	28
7.	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	29
7.1	IDENTIFICAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS DE INTERESSE	29
7.1.1	SOLO	29
7.1.2	ÁGUA SUPERFICIAL	30
7.1.3	ÁGUA SUBTERRÂNEA	31
7.2	IDENTIFICAÇÃO DOS RECEPTORES ECOLÓGICOS RELEVANTES	33
7.3	IDENTIFICAÇÃO DAS VIAS DE EXPOSIÇÃO	37
7.4	MODELO CONCEITUAL DE EXPOSIÇÃO DOS RECEPTORES ECOLÓGICOS	39
8.	AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DA EXPOSIÇÃO	41
8.1	CONCENTRAÇÃO DOS CONTAMINANTES NAS PLANTAS	41
8.2	CONCENTRAÇÃO DOS CONTAMINANTES NOS INVERTEBRADOS	41
8.3	CONCENTRAÇÃO DOS CONTAMINANTES NOS ALIMENTOS	42
8.4	QUANTIFICAÇÃO DE EXPOSIÇÃO NOS ANIMAIS	43

9.	AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE	45
10.	CARACTERIZAÇÃO DO RISCO	46
10.1	QUOCIENTE DE RISCO PARA PLANTAS E INVERTEBRADOS	47
10.2	QUOCIENTE DE RISCO PARA AVES, MAMÍFEROS E RÉPTEIS	49
11.	ANÁLISE DAS INCERTEZAS	50
12.	CONCLUSÃO	51
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
	APÊNDICE	60

1. INTRODUÇÃO

O gerenciamento de áreas contaminadas (GAC) vêm sendo um dos maiores desafios para a comunidade global. Depois de diversos casos de desastres ambientais, a partir dos anos 70, o GAC começou a fazer parte das discussões mundiais para mitigação dos danos ambientais, visando a utilização e reutilização de áreas contaminadas através da atenuação e controle dos riscos ambientais (MORAES, 2014).

Dentre as etapas da GAC, a avaliação de risco ecológico representa uma das etapas mais importantes para tomada de decisão quanto as áreas potencialmente prejudiciais ao ecossistema. Os países mais envolvidos nos estudos de avaliação de risco ecológico são: Estados Unidos, Canadá, Alemanha, Reino Unido e Holanda. Esses métodos de avaliação ainda são raramente utilizados no Brasil (GARCIA, 2004; NIEMEYER, 2004 *apud* NIEMEYER et al, 2007).

A industrialização em busca de produção para atender as demandas da sociedade tem como característica principal a poluição, que incluem incidentes ambientais como vazamentos, derramamentos e emissões não controladas, decorrentes de empreendimentos com baixo planejamento de prevenção (JURAS, 2015).

Os impactos ambientais envolvendo indústrias são variados. Para o setor sucroalcooleiro, as etapas de fabricação do álcool e açúcar são as que geram mais resíduos. Dentre os processos produtivos, são utilizados diferentes insumos químicos que podem ocasionar alterações no ambiente. Segundo Andrade e Diniz (2007), as usinas de açúcar e álcool, obtém de resultado do processamento da cana os produtos finais, o álcool, o açúcar, as proteínas de leveduras e também uma série de resíduos líquidos, sólidos e gasosos.

Durante muitos anos, a vinhaça (principal resíduo das usinas de álcool e açúcar) causou vários impactos relevantes na natureza (ANDRADE e DINIZ, 2007). Até os anos de 1970, esse resíduo era despejado diretamente em corpos hídricos, acarretando diversos danos ao meio ambiente. Após criação da Portaria nº323 de 1978 do Ministério do Interior, essa prática foi proibida, tornando necessárias mudanças nos procedimentos de operação destes empreendimentos (BRASIL, 1978).

Diante do cenário de investigação dos possíveis impactos dentro de um *site* contaminado, a avaliação de risco ecológico permite o planejamento para as ações

corretivas adequadas em função do risco real ou potencial da área a fim do controle ambiental para o ecossistema. Dessa forma, esse estudo visa avaliar se a presença de substâncias químicas dentro de uma área em investigação de passivo ambiental, podem influenciar negativamente os receptores ecológicos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA

O cultivo da cana-de-açúcar no Brasil se iniciou para atender o setor açucareiro no século XVI, quando o português Martin Afonso de Souza trouxe as primeiras mudas de cana da Ilha da Madeira no ano de 1552. No final do século XIX, após a época Imperial, o setor agroindustrial foi modernizado aumentando o número de engenhos, o cultivo e produção da cana-de-açúcar (NAVES JUNIOR; BELLE, 2011).

Na década de 1930 houve a criação do Instituto Açúcar e Alcool (IAA), que reestruturou o setor agroindustrial com o auxílio do Estado. No ano de 1973, o valor dos combustíveis de petróleo triplicou, ocasionado pelo embargo de alguns países da Organização dos Países Exportadores de Petróleo após a segunda guerra mundial. Diante disso, em 1975 foi criado o Programa Nacional do Alcool (Proálcool), durante o governo de Ernesto Geisel, com o objetivo de resolver o problema de abastecimento energético no setor dos combustíveis (NEVES JUNIOR; BELLE, 2011). Após alguns anos de insucesso do setor do etanol, houve um novo impulso na economia sucroalcooleira pela criação dos veículos bicompostíveis (Flexfuel) na década de 2000 (REZENDE; MAGALHÃES, 2012). Desde então o setor sucroenergético têm avançado as fronteiras agrícolas no país e segundo a CONAB (2020), o Brasil atualmente é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo e o setor possui grande impacto para economia do agronegócio brasileiro.

No Brasil existem 386 usinas de álcool e açúcar cadastradas no Departamento de Cana-de-Açúcar e Agroenergia, sendo a maioria com capacidade de produção mista (MAPA, 2020). De acordo com as estatísticas produzidas pela associação de produtores de bioenergia de Mato Grosso de Sul, o estado está na terceira colocação entre os estados brasileiros na produção de derivados da cana-de-açúcar. Atualmente existem 18 usinas no setor sucroalcooleiro em operação para a produção de álcool, açúcar e

bioenergia. Somente na safra de 2017/2018, esse setor resultou na produção de 3,27 bilhões de litros de álcool, 947 mil toneladas de açúcar e a cogeração de energia em 2.586 GWh (BIOSUL, 2020).

A Resolução estadual do Mato Grosso do Sul, SEMADE nº9 de maio de 2015, enquadra o setor sucroalcooleiro na categoria de atividade considerada efetiva ou potencialmente causadora de significativo impacto ambiental (MATO GROSSO DO SUL, 2015).

O CONAMA em sua resolução nº001/86, descreve que o impacto ambiental se dá por:

“Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam; a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais”.

No setor sucroenergético, os possíveis impactos ambientais oriundos do cultivo da cana-de-açúcar, colheita e do processo industrial para a produção de álcool, açúcar e cogeração de energia, são divididos em duas fases: a fase agrícola e a fase industrial (PIACENTE, 2005).

Na fase agrícola, o cultivo da cana pode gerar: redução da biodiversidade pela redução das áreas florestais e implantação de monocultura; contaminação dos mananciais subterrâneos e superficiais pela aplicação em excesso de adubos e agrotóxicos; compactação do solo; assoreamento de corpos hídricos; emissão de gases poluentes por queima controlada ou acidental da palhada de cana; danos a biota ocasionado por incêndios descontrolados (PIACENTE, 2005; SILVA e FERREIRA, 2010).

Durante a fase industrial os impactos das atividades sucroalcooleiras podem ser relacionados com: a utilização de água intensiva para o processo produtivo, queima de bagaço para a produção de energia, utilização de diversos produtos químicos e biológicos na cadeia produtiva, e na geração de diversos resíduos líquidos, sólidos e gasosos resultantes do processamento industrial. Segundo Piacente (2005) os impactos mais relevantes em usinas de álcool e açúcar são os impactos na disposição inadequada da vinhaça (efluente líquido final do processo produtivo), da torta de filtro (lodo originado do processo produtivo) e da queima da palha da cana.

A vinhaça é um dos principais resíduos gerados nas usinas sucroalcooleiras, até a década de 1970, esse efluente era armazenado em tanques ou despejado diretamente em corpos hídricos causando diversos danos ao meio ambiente (ANDRADE; DINIZ, 2007). No ano de 1978, por meio da Portaria nº323 do Ministério do Interior, foi proibido a prática do descarte da vinhaça em águas superficiais, além de ser exigida a implantação de um sistema adequado de tratamento ou utilização do vinhoto/vinhaça que visa o controle da poluição hídrica. Diante disso, a vinhaça vem sendo utilizada para a prática da fertirrigação nas áreas cultivadas de cana-de-açúcar. A fertirrigação tornou-se comum em praticamente todas as usinas e essa utilização foi considerada vantajosa na redução dos custos com adubação ou irrigação.

Apesar ter bons resultados na utilização da vinhaça para a irrigação das áreas cultivadas, o aproveitamento feito de forma incorreta, pode ocasionar problemas graves ao meio ambiente. Em 2006 a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo – CETESB, elaborou uma norma técnica (P4.231) no qual define os procedimentos para a aplicação de vinhaça em solos agrícolas e determina a elaboração de um Plano de Aplicação de Vinhaça (PAV). No estado de Mato Grosso do Sul, a Lei Nº 4461 de 28 de abril de 2015, estabelece normas quanto ao armazenamento, distribuição e a aplicação da vinhaça e assim como a CETESB, exige a apresentação do PAV anualmente ao órgão ambiental competente.

Embora existam vários aspectos negativos que a indústria sucroalcooleira pode ocasionar ao meio ambiente, há pontos positivos importantes na avaliação dos resultados produtivos. A recuperação de solos agrícolas subutilizados e a redução de emissão de gases de efeito estufa são exemplos dos pontos positivos a este tipo de indústria. Utilização do combustível etanol em grandes centros urbanos têm melhorado a qualidade do ar nesses locais (ÚNICA, 2007).

2.2 AVALIAÇÃO DE RISCO ECOLÓGICO

As alterações nos ecossistemas devido à presença de contaminantes vêm sendo notados desde a década de 1940. No entanto somente na década de 1970, por conta de diversos desastres ambientais, que surgiram as primeiras políticas para o controle de poluições. Os países precursores na elaboração de normas e leis para o gerenciamento de áreas contaminadas foram os Estados Unidos, Canadá e a Holanda. Nessas normas

há definições que orientam as ações necessárias para identificar, controlar e caracterizar os riscos à saúde humana e ao ecossistema (SILVA, 2018).

No Brasil os históricos de contaminação datam do final dos anos de 1970 e meados dos anos 1980, mas somente na década de 1990 o gerenciamento de áreas contaminadas começou a ser realizado (SPÍNOLA e PHILIPPI JR., 2010 *apud* SILVA, 2018). A CETESB com o apoio da Agência de Cooperação Alemã (GTZ) foi a primeira agência ambiental no Brasil a elaborar o Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas no ano de 1999 (ARAUJO-MOURA e CAFFARO FILHO, 2015 *apud* SILVA, 2018). Somente em 2009 que foi estabelecido pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, a resolução nº420 que “dispõe sobre os critérios e valores orientadores da qualidade do solo quanto a presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas” (BRASIL, 2009).

Dentre as diretrizes de avaliação das áreas contaminadas, a caracterização dos riscos aos ecossistemas, são utilizadas para mensurar a probabilidade de efeitos adversos no futuro ou avaliar a probabilidade de os efeitos terem sido causados pela exposição prévia a estressores (USEPA, 1998).

Na Resolução do CONAMA nº420 de 2009, a avaliação de risco ecológico deverá ser realizada em determinados casos definidos no ART. 27. Parágrafo 1º no qual delibera que:

“Nas situações em que a existência de determinada Área Contaminada sob Investigação (AI) ou Área Contaminada sob Intervenção (ACI) possa implicar em impactos significativos aos recursos ambientais, o gerenciamento do risco poderá se basear nos resultados de uma avaliação de risco ecológico, a critério do órgão ambiental competente”.

Para o Estado de São Paulo, de acordo com a Decisão de Diretoria Nº 038 de 07 de fevereiro de 2017 da CETESB, “a avaliação de Risco Ecológico deverá ser elaborada nas situações que exista ecossistema natural sob influência ou que possam estar sob influência de uma Área Contaminada sob Intervenção (ACI) ” (CETESB, 2017).

No Brasil ainda não existe Norma Técnica própria para a Avaliação de Risco Ecológico, por isso são utilizadas para essa avaliação as Normas técnicas dos Estados Unidos, do Canadá, Europa, Holanda, Reino Unido ou do Chile (GARCIA, 2004; NIEMEYER, 2004 *apud* NIEMEYER et al, 2007).

A linha investigativa utilizada para a Avaliação de Risco neste estudo, segue as normas técnicas elaboradas pela Agência de Proteção Ambiental Americana, a "United States Environmental Protection Agency - USEPA. Desde 1989 várias pesquisas e publicações de documentos foram realizadas e podem ser acessadas no link: <https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidelines>.

Segundo a USEPA, “a avaliação de risco ecológico se trata de um processo que avalia a probabilidade de ocorrência de eventos ecológicos adversos. Os efeitos podem ocorrer ou estão ocorrendo como resultado da exposição a um ou mais estressores”. Os agentes estressores são definidos como qualquer entidade química, física ou biológica que pode induzir um resultado adverso (USEPA, 1998).

A metodologia proposta da agência para a avaliação de risco ecológico se baseia na condução de três fases sequenciais de trabalho:

- 1) a formulação do problema,
- 2) a fase de análise (caracterização da exposição e efeitos ecológicos) e
- 3) a fase de caracterização do risco.

A “formulação do problema” é um processo de planejamento prévio no qual se define o escopo da ARE, as suas metas e os limites. O seu produto final é um modelo conceitual que identifica os valores ambientais a serem protegidos ou, simplesmente, gerenciados (indicadores da avaliação), os dados necessários e a análise a ser utilizada.

Ainda nesta etapa, o propósito precisa ser claramente articulado, o problema especificado, deve ser elaborado um plano para a análise e caracterização dos riscos determinados. O trabalho inicial nesta fase se constitui em reunir informações disponíveis sobre as possíveis fontes, estressores e efeitos, e as características do ecossistema receptor.

A fase de análise é fundamentada no Modelo Conceitual de Exposição Ecológico (MCEE) desenvolvido a partir da formulação do problema. Os dados obtidos são analisados para que se determine como a exposição aos estressores ocorre e, dependendo da exposição, o tipo e a potência dos efeitos ecológicos que podem ser esperados. Nesta análise pode ser determinada a qualidade dos dados obtidos para a caracterização da exposição, dos efeitos, da distinção do ecossistema e dos receptores expostos. Esta etapa inclui a Caracterização da Exposição e a Análise da Toxicidade.

A fase de Caracterização do Risco integra os resultados da caracterização de exposição com a análise da toxicidade para a estimativa do risco. Dessa forma, deve incluir um sumário dos pressupostos considerados, das incertezas e limitações da análise. O produto é a descrição do risco na qual o resultado da integração dos dados recolhidos e análises efetuadas devem ser apresentados, incluindo a interpretação da adversidade ecológica prevista e a descrição das incertezas e das evidências.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVOS GERAIS

Avaliar a probabilidade dos efeitos nocivos à saúde do ecossistema pela exposição a substâncias inorgânicas presentes no meio.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar as concentrações das substâncias inorgânicas presentes na área de estudo segundo os dados secundários oriundos de uma investigação de passivo ambiental;
- Selecionar as substâncias químicas de interesse (SQI) para a avaliação de risco ecológico;
- Identificar os receptores ecológicos relevantes para os compartimentos ambientais selecionados para análise de risco ecológico;
- Identificar possíveis rotas de exposição dos receptores ecológicos de acordo com as características das SQI;
- Elaborar o modelo conceitual de exposição dos receptores ecológicos;
- Calcular a exposição das SQI para cada receptor ecológico;
- Avaliar a toxicidade das SQI com base nos Valores de Referência Toxicológica descritos na literatura;
- Caracterizar o risco dos receptores ecológicos de acordo com o quociente de risco para cada SQI;
- Listar as incertezas que tangem a análise de risco ecológico;

4. HISTÓRICO AMBIENTAL

A área de estudo está localizada na região norte do estado de Mato Grosso do Sul. Antes do empreendimento ser instalado, o local era utilizado principalmente para as atividades agropecuárias com a criação de bovinos de forma extensiva e o cultivo de culturas como o milho e a soja.

No final da década de 1970 o empreendedor criou uma destilaria de álcool na área e cultivou a cana-de-açúcar, que é a matéria prima utilizada para o processo produtivo. Atualmente a usina produz o Etanol, Açúcar e Bioenergia, e suas atividades são licenciadas pelo órgão ambiental estadual, Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul - IMASUL.

Além das atividades industriais, a usina também é responsável por todas as atividades agrícolas para a produção da matéria-prima (cana-de-açúcar), com o preparo de solo, plantio, tratos culturais e fertirrigação, colheita e transporte do produto de colheita até a área industrial para o devido beneficiamento. No empreendimento ainda são realizadas as manutenções de veículos e maquinários agrícolas, devido ao grande volume destes.

No ano de 2016 o órgão ambiental do Estado de Mato Grosso do Sul – IMASUL, realizou uma vistoria no empreendimento e constatou irregularidades na área industrial e entorno, que consistiram em alteração na qualidade das águas superficiais, águas subterrâneas e problemas estruturais em bacias de contenção dos efluentes industriais (vinhaça e águas residuárias). Na ocasião, o empreendimento foi multado e notificado a realizar um estudo de passivo ambiental a fim de detectar a origem, extensão e magnitude da contaminação.

4.1 HISTÓRICO DO PROCESSO AMBIENTAL E OPERACIONAL DA ÁREA DE ESTUDO

A usina iniciou suas atividades industriais no ano de 1978, na ocasião, a operação estava destinada apenas para uma destilaria de álcool e empregava cerca de 850 colaboradores. A partir da década de 1990 foi anexada na indústria, uma fábrica de açúcar, com a operação iniciada no ano de 1995. Em 2009 foi elaborado um EIA/RIMA

com o intuito da ampliação da capacidade produtiva e de moagem de 280 toneladas de cana-de-açúcar/hora para 1.180 toneladas/hora.

De acordo com o EIA/RIMA (FILHO et al, 2009) do empreendimento, o processo produtivo da usina estudada possui várias etapas de produção. As descrições deste processo são:

- Recepção e descarregamento da matéria prima: o processo produtivo industrial se inicia com a cana-de-açúcar proveniente do campo. Esse produto é transportado até o pátio industrial da usina que é recepcionado, pesado e descarregado em esteiras metálicas responsável por conduzir a matéria prima até o sistema de preparo da cana;
- Preparo da cana: consiste na lavagem do cultivo para retirada de impurezas que prejudicam a qualidade do produto e podem diminuir a vida útil dos equipamentos. Nesta etapa a água proveniente da lavagem passa por uma peneira para retirada de materiais maiores e depois submetida a um sistema de decantação em tanques para posteriormente ser utilizada no sistema de irrigação das áreas de cultivo;
- Extração do caldo: após a lavagem, a cana é conduzida até a moenda, que retiram o caldo do bagaço. Nesta etapa é gerado o resíduo (bagaço) que segue para o pátio de armazenamento para posterior queima nas caldeiras para geração de energia;
- Tratamento e concentração do caldo: consiste no beneficiamento do caldo extraído para aumento de eficiência na fase de fermentação e processos subsequentes;
- Fermentação: fase em que o caldo contendo os açúcares são transformados em álcool, esse processo pode durar de 4 a 10 horas e obtém como o produto um vinho;
- Destilação: o produto oriundo da fermentação passa por uma destilação para recuperação do álcool pelas etapas de retificação, desidratação e recuperação. Nesta fase é produzido um subproduto chamado de vinhaça. Para a produção de um litro de álcool, gera 13 litros de vinhaça que é resíduo do processo;
- Fabricação do açúcar: para gerar o açúcar como produto final, o caldo extraído da cana passa por flutadores para retirada de impurezas, logo em seguida pelo

cozimento, que ficará concentrado para a formação dos cristais. Esse produto passa por centrifugação para separação do mel dos cristais de açúcar e após vão para a secagem para posterior ensaque.

- Produção de vapor: o bagaço oriundo do processo de moenda é transportado por esteiras até as caldeiras. Esse bagaço é utilizado como combustível para a operação deste equipamento, que obtém como resultado a produção de vapor. O vapor gerado é utilizado para acionar as turbinas que fazem funcionar todos os equipamentos do processo, além de produzir energia.

Ao final do processo produtivo é gerado álcool anidro ou hidratado, o açúcar e a energia.

Os principais resíduos gerados no processo produtivo são:

- Vinhaça: resíduo do processo produtivo, a vinhaça ou vinhoto, é disposto em tanques para posteriormente serem utilizadas como adubo no solo. A aplicação deste resíduo se dá pela utilização de sistema de fertirrigação nas áreas cultivadas, por meio de canais de condução de efluente para as áreas cultiváveis, bombeamento e aspersão do produto. Essa etapa deve ser monitorada e calculada dosagem adequada para cada região de aplicação, pois quantidades excessivas podem causar problemas ao ambiente.
- Águas de lavagem dos pisos e equipamentos: no processo industrial é comum as paradas para lavagens dos equipamentos e diariamente ocorre a lavagens dos pisos. Esse efluente é previamente tratado em caixa separadora de óleo e conduzido para tanques de água residuárias, que juntamente com a vinhaça são fertirrigadas nas áreas de plantio.
- Esgoto sanitário: os resíduos originados das instalações sanitárias, refeitórios e setor administrativo, são enviados para fossas sépticas com sumidouros.
- Resíduo da lavagem da cana: após a lavagem da cana-de-açúcar, o resíduo é recolhido e disposto nas áreas de plantio.
- Bagaço de cana-de-açúcar: detrito utilizado como biocombustível das caldeiras para a produção de energia.
- Torta dos filtros: borra sólida retirado do processo industrial. Com altos teores de matéria orgânica e nutrientes, é utilizado na adubação nas áreas de plantio.

- Cinzas das caldeiras: recolhido durante a purga da caldeira, utilizado para adubação juntamente com a torta dos filtros.
- Emissões das caldeiras: vindo da queima de bagaço, é disposto na atmosfera. Principais contaminantes provenientes da queima são: material particulado, dióxido de enxofre, monóxido de carbono e dióxido de nitrogênio.

5. DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

5.1 USO E OCUPAÇÃO

O uso e a ocupação do solo na região têm predominância de atividades agrícolas e pastagens. Estima-se que o processo produtivo agrícola ocupa cerca de 60% da área. Na área de estudo predomina o cultivo da cana-de-açúcar, no entanto há rotatividade de culturas como o milho e soja, para o descanso do solo (FAVRETO, 2016). A região do entorno do empreendimento ainda é muito carente de infraestrutura e apoio à produção, resultando numa baixa diversificação produtiva.

5.2 GEOLOGIA LOCAL

A geologia do município no qual está inserido o empreendimento apresenta rochas do período Terciário Neogeno (Formação Cachoeirinha - Ench); Período Cretáceo, Grupo Bauru (Formação Marília – K2m); Período Devoniano, Grupo Paraná (Formação Furnas – D1f) (LACERDA *et al*, 2006).

A Formação Cachoeirinha apresenta sedimentos inconsolidados, areno-argiloso vermelho e laterizado; argilito cinza com presença de areia solta; arenito amarelo com teor argiloso de médio a grosso (LACERDA *et al*, 2006). A Formação Furnas é constituída de arenitos esbranquiçados, avermelhados, ortoquartzíticos de granulometria fina, média e grossa (RADAMBRASIL, 1982). Para a Formação Marília, os sedimentos são compostos por arenito grosso a fino, de vermelho a roseado, podendo possuir lentes de calcário (LACERDA *et al*, 2006).

A unidade geoambiental em que o empreendimento está inserido é o da Região dos Patamares e Escarpas da Borda Ocidental da Bacia do Paraná. A altitude da região varia de 200 a 600 metros. A região está dividida em três compartimentos

geomorfológicos: Primeiro Patamar; Segundo Patamar; e a Depressão Interpatamares (CHAGAS, 2011).

Segundo o EIA/RIMA realizado no empreendimento (FILHO et al, 2009), as áreas no qual o empreendimento está inserido, existem três tipologias de solo: o Latossolo Vermelho-Escuro (LE), Areias Quartizosas (AQ) e os Solos Litólicos (R). A maior parte das áreas de influência do empreendimento está localizada sobre solos Latossólicos.

5.3 HIDROLOGIA E HIDROGEOLOGIA

A área em estudo está localizada na região Norte do Estado, abrange o divisor das bacias do Rio Paraguai e Paraná, sub bacia do rio Correntes. O local pertence a região hidrográfica do Paraguai e tem como principal aquífero o do sistema Furnas, que é constituído principalmente por rochas sedimentares da Bacia do Paraná e por coberturas detrito-lateríticas. É um aquífero livre no qual possui afloramento na maior parte do estado de Mato Grosso do Sul (SILVEIRA, 2012).

5.4 CLIMA E CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

Segundo a classificação de clima realizada por Kopeen (1948), a região de estudo está inserida na denominação de clima sub-úmido (Aw) com clima tropical no verão e no clima seco no inverno. A pluviosidade anual varia entre 750 e 1800 mm/ano. Os períodos mais chuvosos compreendem os meses de novembro a abril e a estação seca, os meses de maio a outubro. As temperaturas médias na região variam entre 18°C a 24°C.

5.5 ECOLOGIA REGIONAL

5.5.1 FLORA

O Bioma Cerrado é o segundo maior do Brasil, no Estado de Mato Grosso do Sul, este bioma ocupa 61% do território. A predominância do tipo de fitofisionomia savânica se dá por alguns fatores principais: o clima, o fogo, o solo e outras variáveis ambientais (IBGE, 2004).

Segundo os mapas de biomas publicado pelo IBGE (2004), a área do empreendimento possui formação vegetacional dos tipos Savana (Cerrado) e Savana arborizada. O tipo de vegetação está diretamente ligado ao tipo de solo composto da dada região, os solos mais profundos são distróficos e álicos, litólicos e arenosos

lixiviados. O Cerrado apresenta características dos estratos arbóreos distintos, sendo dividido em dois tipos: o estrato arbóreo lenhoso xeromorfo (árvores de porte pequeno a médio, folhas grossas, troncos e galhos tortos) e o estrato gramíneo lenhosos.

De acordo com o último relatório de monitoramento da Flora do empreendimento, ao todo foram contabilizadas 69 espécies arbóreas. Dentre elas, as espécies *Siparuna guianensis* (Limãozinho), *Xylopia aromatica* (Pimenta-de-macaco), *Tapirira guianensis* (Pau-pombo), que são as mais comuns dos remanescentes florestais (ARATER, 2018).

5.5.2 FAUNA

Os dados referentes a biota terrestre e aquática foram obtidos do Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre (ARATER, 2020a) e Programa de Recuperação de Áreas Degradadas - Comunidades Aquáticas (ARATER, 2020b) do empreendimento. No relatório de Fauna terrestre estão descritos os registros consolidados dos monitoramentos realizados nos anos de 2010 a 2020, totalizando a caracterização da biota terrestre em 28 campanhas de monitoramento realizadas em período trimestral, envolvendo a sazonalidade das estações chuvosas e secas. Para os dados de ictiofauna, os registros descritos são referentes a seis etapas de monitoramento realizados em periodicidade semestral nas estações chuvosas e secas (ARATER, 2020b).

5.5.2.1 MAMÍFEROS

Os resultados relativos ao histórico do monitoramento da mastofauna, foram registradas ao todo 38 espécies de mamíferos de pequeno, médio e grande porte na área de influência da indústria sucroalcooleira. Dentre as espécies anotadas, nove estão sob algum grau de ameaça de extinção segundo IUCN (2020) e ICMBIO (2018), são elas: a Anta (*Tapirus terrestris*), o Lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), a Onça-parda (*Puma concolor*), o Gato-mourisco (*Puma yaguaroundi*) a Onça-pintada (*Panthera onca*), o Queixada (*Tayassu pecari*), o Tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*), o Tatu-canastra (*Priodontes maximus*) e o Macaco-prego (*Sapajus cay*). A riqueza apontada no histórico equivale a 40,8% das espécies de mamíferos terrestres do Mato Grosso do Sul (TOMAS et al, 2017).

No Apêndice A consta as espécies de mamíferos que foram registradas em todas as campanhas de monitoramento do empreendimento.

5.5.2.2 AVIFAUNA

Considerando o histórico, foram registradas 284 espécies de aves pertencentes a 57 famílias. O número total de espécies registradas, representa 33,76% das espécies que ocorrem no Cerrado. Foram registradas diversas espécies que podem ser consideradas bioindicadoras de boa qualidade ambiental, pois são espécies que possuem alta sensibilidade às perturbações ambientais e são dependentes de ambientes florestais. Dentre essas espécies estão: *Crax fasciolata* (mutum-do-penacho), *Pteroglossus castanotis* (araçari-castanho), *Ara chloropterus* (arara-vermelha), *Dromococcyx pavoninus* (peixe-frito-pavonino), *Patagioenas plumbea* (pomba-amargosa) e *Campylorhamphus trochilirostris* (arapaçu-beija-flor). O Apêndice B detalha as espécies de aves registradas na área de influência do empreendimento.

5.5.2.3 HERPETOFAUNA

Foram registradas em todas as campanhas de monitoramento do empreendimento 48 espécies da herpetofauna, sendo 28 de anfíbios e 20 de répteis. A comunidade de anfíbios e répteis frequentemente observada nas áreas de influência da usina é composta predominantemente por espécies generalistas de áreas abertas, com ampla distribuição e alta tolerância às ações antrópicas (e.g. *Boana albopunctata*, *B. raniceps*, *Dendropsophus minutus*, *D. nanus*, *Leptodactylus chaquensis*, *L. fuscus*, *L. podicipinus*, *Physalaemus cuvieri*, *Rhinella diptycha*, *Ameiva ameiva*, *Salvator merianae*). No entanto, a comunidade de anfíbios registrada desde o início do monitoramento também inclui espécies endêmicas, com distribuição restrita e/ou suscetíveis às alterações de seus habitats naturais (e.g. *Adenomera diptyx*, *Physalaemus albonotatus*, *Scinax nasicus*). Não foram registradas espécies classificadas sob algum nível de ameaça em nível nacional (ICMBIO, 2018) ou global (IUCN, 2020).

5.5.2.4 ICTIOFAUNA

Para o estudo da Ictiofauna, considerando o histórico de 6 etapas, as amostragens da fauna íctica resultaram na captura de 1015 exemplares distribuídos em 2 Ordens, 3 famílias e 11 espécies. A Ordem mais bem representada foi a Characiforme contemplada por 2 famílias e 11 espécies totalizando 876 indivíduos o que representa 86,3% do total

da amostragem, apenas 9 exemplares (1,02%) destas, são representantes da família Herythrinidae as demais são todas Characidae. A ordem Perciformes foi representada por 1 família e 4 espécies componentes da família Cichlidae. Houve destaque para as espécies invertívoras (se alimentam de invertebrados), sendo 7 das 10 espécies registradas detentoras deste comportamento trófico. Também foram registradas 1 espécie insetívora, 1 predominantemente frugívora e 1 espécie predadora não migradora de médio porte, de hábito piscívoro (*Hoplias malabaricus*) conhecida popularmente como Traíra.

6. METODOLOGIAS UTILIZADAS

Os métodos utilizados para o estudo estão divididos em três tópicos. Os tópicos 6.1 e 6.2 são referentes a seleção dos pontos e aos métodos de coleta do banco de dados secundários oriundos de uma investigação de passivo ambiental realizada por uma empresa de consultoria ambiental na área do empreendimento. O tópico 6.3 descreve os métodos utilizados para a avaliação de risco ecológico.

6.1 PONTOS DE AMOSTRAGEM

Segundo o relatório de Estudo de Passivo elaborado na área de estudo, o início da investigação foi realizado em fevereiro de 2017. Houve na ocasião o reconhecimento de campo pelos profissionais ao longo de toda a área que abrange o perímetro industrial, áreas de armazenamento de vinhaça, águas residuárias do processo produtivo e no córrego de primeira ordem localizado próximo a indústria (ARATER, 2017).

De acordo com o documento, a seleção dos pontos deu-se de forma a abranger a área suspeita de contaminação oriunda da indústria sucroalcooleira. Deste modo, na mesma data do reconhecimento de campo foram selecionados os pontos de amostragem para água superficial, águas subterrâneas e as sondagens no solo. Na sequência foram realizadas as coletas de águas superficiais, dos solos e a perfuração de dois poços de monitoramento. Após o período de estabilização dos novos poços, houve a coleta da água subterrânea.

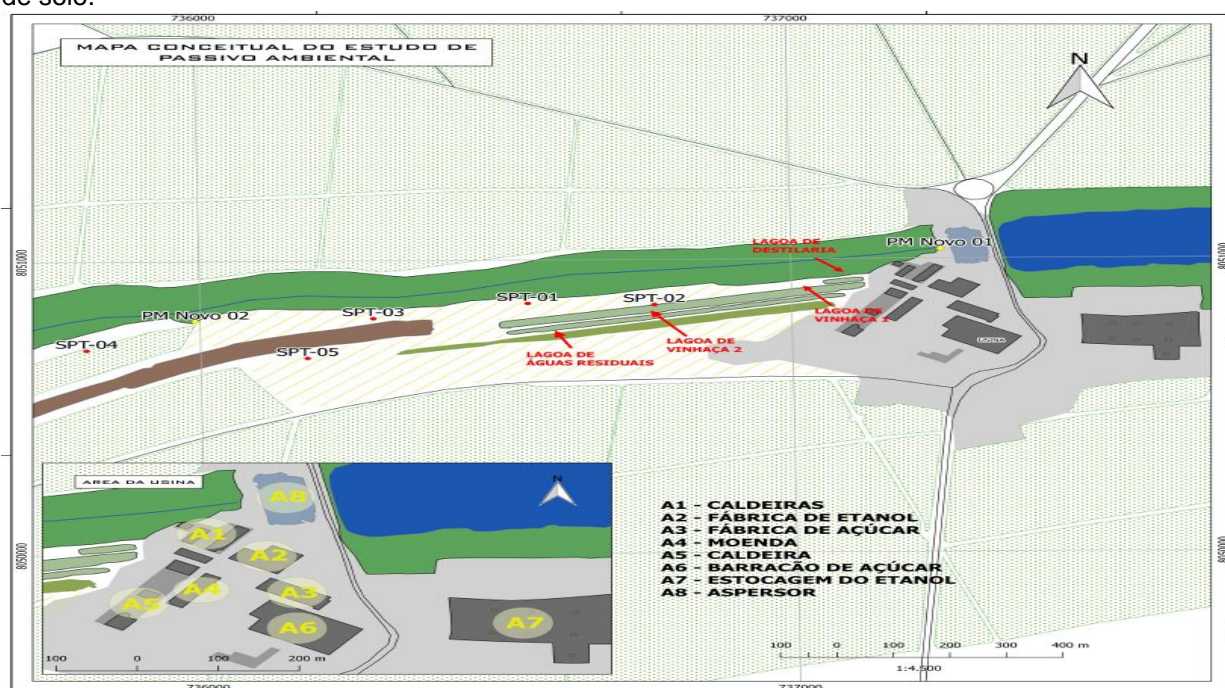
A sondagem foi realizada em 6 estações amostrais no qual foram coletadas 33 amostras de solo, os detalhes e localização dentro da planta industrial de cada ponto pode ser visualizado na Tabela 1 e **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Tabela 1 - Informações das amostragens através do método SPT – Sondagem a Percussão, realizada na área investigada do empreendimento.

SONDAGEM	PROFUNDIDADE DE INVESTIGAÇÃO (m)	NÚMERO DE AMOSTRAS
SPT01	4,45	4
SPT02	4,45	4
SPT03	4,45	5
SPT04	5,45	5
SPT05	11,45	11
PM NOVO 02	6,00	6

Fonte: ARATER, 2017.

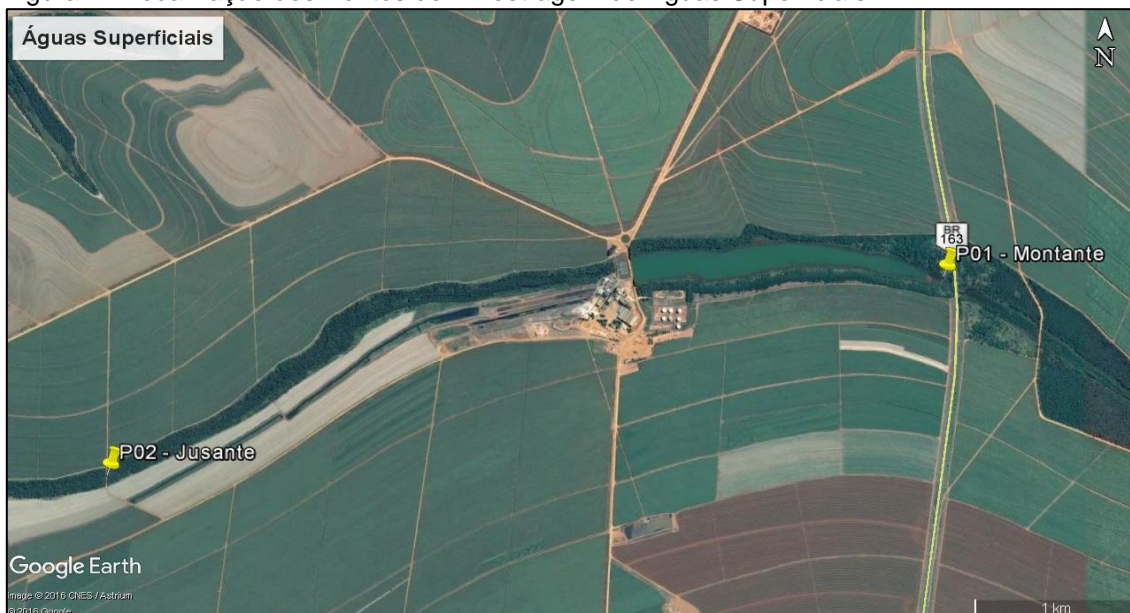
Figura 1 - Croqui da área industrial com a localização dos pontos selecionados para a sondagem e coleta de solo.



Fonte: ARATER, 2017.

As amostragens das águas superficiais ocorreram no córrego de primeira ordem localizado próximo a usina, a montante do empreendimento e a jusante das áreas dos reservatórios de água residuária e vinhaça (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Quanto as águas subterrâneas, as coletas foram realizadas em dois poços abrangendo a área dos tanques de subprodutos e o tanque dos aspersores da fábrica de açúcar (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) (ARATER, 2017).

Figura 2 - Localização dos Pontos de Amostragem de Águas Superficiais.



Fonte: Google Earth (Modificado por ARATER), 2017.

Figura 3 - Localização dos Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas.



Fonte: Google Earth (Modificado pelo autor), 2020.

6.2 METODOLOGIA DE COLETA

6.2.1 SOLOS

A amostragem de solo foi realizada através de uma Sondagem a Percussão, ou SPT, seguindo as normas e critérios da NBR 6484 (ABNT, 2001) em sua execução e

classificação do solo e quanto à resistência a penetração. Utilizou-se os seguintes equipamentos: Torre com roldana; Tubos de revestimento; Composição de perfuração; Trado concha; Trado helicoidal; Trépano de lavagem; Amostrador padrão tipo Raymond; Cabeças de bateria; Martelo padrão 65 kg; Medidor de nível de água; e Trena (ARATER, 2017).

Os ensaios de SPT foram realizados com golpes de martelo de 65 kg em queda de 0,75m sobre o barrilete amostrador que coleta as amostras do solo. O número necessário ao avanço de 0,15m é contabilizado e a cada sequência de 3 intervalos é realizado o ensaio penetrométrico. A paralização da perfuração ocorre quando atingir o impenetrável ao amostrador padrão e ao trépano de lavagem ou caso atinja a profundidade de 12,0 metros (ARATER, 2017).

Assim, através do SPT, realizou-se a coleta de amostras a cada metro perfurado com o intuito de avaliar as características físico-químicas do solo em todos os perfis. No levantamento realizado na área foram executados 5 furos de sondagem SPT e um poço de monitoramento, sendo as amostras coletadas durante a perfuração do mesmo (ARATER, 2017).

Para avaliação dos resultados dos solos, foram utilizados os valores orientadores previstos pela Resolução CONAMA n° 420/2009.

6.2.2 ÁGUA SUPERFICIAL

Para a avaliação da qualidade da água, todos os procedimentos de coletas, preservação, armazenamento e transportes de amostras foram realizados de acordo com o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA; CETESB, 2011) e o método 1060 do "*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd ed*" (APHA; AWWA; WEF 2012). As coletas foram realizadas no canal do corpo hídrico. Para realização de amostra pontual, foi utilizado um balde de inox com capacidade de 15L, mergulhando-o aproximadamente 20 cm abaixo da superfície. Após a coleta com balde, a amostra foi homogeneizada e distribuída nos frascos de coletas, contendo reagentes de preservação, ou somente refrigeração. Após estes procedimentos, as amostras foram acondicionadas em caixas térmicas e enviadas para análise, respeitando o tempo de vencimento da amostra de cada parâmetro ou o conjunto deles.

Para avaliação dos resultados, foram utilizados os valores orientadores previstos pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (BRASIL, 2005).

6.2.3 ÁGUA SUBTERRÂNEA

As amostragens das águas subterrâneas foram realizadas através da metodologia de Purga de Volume Determinado, a qual é prevista pela ABNT NBR 15.847/2010 (ABNT, 2010). Este método consiste na remoção de determinado volume de água subterrânea do poço antes de se proceder à amostragem, com a finalidade de assegurar que água representativa da formação será coletada. Com base no diâmetro do tubo-filtro, da profundidade do poço e profundidade do nível da água, é calculado o volume de água contida no poço, que multiplicado pelo número de volumes que deve ser extraído, define o volume total de água a ser removido durante a purga. A quantidade de volumes de água a ser extraída do poço deve ser predeterminada no plano de amostragem e deve ser baseada em procedimentos regulatórios e nas características hidro geológicas do local monitorado.

Para a realização da purga do poço, foi utilizado um amostrador do tipo *bailer* de PVC e descartável.

As análises laboratoriais são realizadas de acordo com as técnicas preconizadas no “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd ed*” (APHA; AWWA; WEF, 2012). Para avaliação dos resultados das águas subterrâneas, foram utilizados os valores orientadores previstos pela Resolução CONAMA n° 420/2009 (BRASIL, 2009).

6.3 AVALIAÇÃO DE RISCO ECOLÓGICO

O processo de avaliação de risco ecológico está baseado na caracterização dos efeitos que um determinado estressor pode ocasionar e a caracterização da exposição que o receptor pode ter no ambiente de estudo. Diante desses fatores, os métodos da USEPA (1998) para a avaliação de risco devem ser conduzidos em três etapas: a primeira fase se trata da formulação do problema; a segunda etapa compreende a análise da exposição e os efeitos; e na terceira e última etapa, se trata da caracterização do risco.

De acordo com a linha investigativa da USEPA, essas fases com relação ao estudo do passivo ambiental em questão estão descritas no tópico a seguir.

7. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Para a formulação do problema houve integração de todas as informações do empreendimento juntamente com os resultados das análises realizadas na área de estudo. Os resultados dos dados secundários originários da investigação de passivo ambiental realizado em 2017, contemplaram análises referente ao solo, água superficial e água subterrânea. Os valores obtidos foram comparados com a legislação vigente para cada tipo de recurso natural (ARATER, 2017).

7.1 IDENTIFICAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS DE INTERESSE

7.1.1 SOLO

Os resultados obtidos das análises de solo das amostras coletadas durante as sondagens realizadas estão na Tabela 2. Tais amostras foram analisadas seguindo o escopo de inorgânicos e de Compostos Orgânicos Voláteis da Resolução CONAMA nº 420/2009 para os valores de prevenção (BRASIL, 2009). Os valores expostos na tabela se referem a concentração máxima encontrada por parâmetro dentre todas as amostras analisadas.

Tabela 2 – Seleção das Substâncias Químicas de Interesse no Solo

PARÂMETROS	UN	VMP CONAMA 420 (prevenção)	Concentração máxima medida no solo	Considerado Substância Química de Interesse para a ARE?
Alumínio	mg/kg	-	25.787	SIM
Antimônio	mg/kg	2	< 0,273	NÃO
Arsênio	mg/kg	15	3,28	NÃO
Bário	mg/kg	150	43,4	NÃO
Boro	mg/kg	-	< 6,828	NÃO
Cádmio	mg/kg	1,3	< 0,205	NÃO
Chumbo	mg/kg	72	22,41	NÃO
Cobalto	mg/kg	25	2,54	NÃO
Cobre	mg/kg	60	13,58	NÃO
Cromo	mg/kg	75	138	SIM
Ferro	mg/kg	-	30.419	SIM
Manganês	mg/kg	-	196,2	SIM
Mercúrio	mg/kg	0,5	< 0,11	NÃO
Molibdênio	mg/kg	30	1,21	NÃO
Níquel	mg/kg	30	6,07	NÃO
Nitrato (como N)	mg/kg	-	42,17	NÃO
Prata	mg/kg	2	< 0,341	NÃO
Selênio	mg/kg	5	< 0,78	NÃO
Vanádio	mg/kg	-	140,96	NÃO
Zinco	mg/kg	300	27,3	NÃO
Benzeno	mg/kg	0,03	< 0,001	NÃO

PARÂMETROS	UN	VMP CONAMA 420 (prevenção)	Concentração máxima medida no solo	Considerado Substância Química de Interesse para a ARE?
Estireno	mg/kg	0,2	< 0,001	NÃO
Etilbenzeno	mg/kg	6,2	< 0,001	NÃO
Tolueno	mg/kg	0,14	< 0,001	NÃO
Xilenos	mg/kg	0,13	< 0,001	NÃO

Fonte: ARATER, 2017.

As substâncias químicas de interesse selecionadas para a avaliação de risco ecológico no solo, foram: o Alumínio, o Cromo, o Ferro e o Manganês.

7.1.2 ÁGUA SUPERFICIAL

Para a avaliação da qualidade das águas superficiais foram adotados, neste estudo, os valores de referência propostos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005). Esta resolução estabelece a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Considerando-se o uso da área de estudo, as águas de superfície são classificadas como Classe 2. Dessa forma, substâncias em concentrações acima dos padrões de qualidade CONAMA nº 357 Classe 2 serão consideradas como Substâncias Químicas de Interesse (BRASIL, 2005).

A seguir são apresentados os resultados analíticos obtidos durante os levantamentos realizados no córrego de primeira ordem localizado próximo ao empreendimento. As concentrações selecionadas foram as máximas encontradas entre todas as amostras de água superficial (Tabela 3).

Tabela 3 – Seleção das Substâncias Químicas de Interesse na água superficial.

PARÂMETRO	UN	VMP CONAMA 357 - CLASSE 2	CCME Proteção de Vida Aquática	Concentração máxima medida na água superficial	Considerado Substância Química de Interesse para a ARE?
Alumínio	mg/L	-	100	0,112	NÃO
Manganês	mg/L	0,1	-	0,0456	NÃO
Nitrato (como N)	mg/L	10	-	< 0,1	NÃO
Nitrito (como N)	mg/L	1	-	< 0,02	NÃO
Nitrogênio Kjeldahl	mg/L	-	-	0,43	NÃO
Nitrogênio Total	mg/L	-	-	0,43	NÃO

Fonte: ARATER, 2017.

Diante dos resultados das análises da água superficial, não foram encontradas substâncias químicas de interesse para a avaliação de risco ecológico.

7.1.3 ÁGUA SUBTERRÂNEA

Os resultados analíticos das amostras de água subterrânea podem ser visualizados na Tabela 4. Salienta-se que na tabela consta apenas o valor máximo encontrado dentre todas as amostras analisadas.

Tabela 4 - Seleção das Substâncias Químicas de Interesse na água subterrânea.

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP CONAMA 420	CONCENTRAÇÃO MÁXIMA MEDIDA NA ÁGUA SUBTERRÂNEA (µg/L)
Alumínio	µg/L	3500	8.090,00
Antimônio	µg/L	5	< 1,0
Arsênio	µg/L	10	< 1,0
Bário	µg/L	700	65,9
Boro	µg/L	500	< 1,0
Cádmio	µg/L	5	< 1,0
Chumbo	µg/L	10	70,2
Cobalto	µg/L	70	1,14
Cobre	µg/L	2000	6,42
Cromo	µg/L	50	6,68
Ferro	µg/L	2450	10.100,00
Manganês	µg/L	400	1.260,00
Mercurio	µg/L	1	< 0,1
Molibdênio	µg/L	70	< 1,0
Níquel	µg/L	20	< 1,0
Nitrato (como N)	µg/L	10000	1100
Prata	µg/L	50	< 1,0
Selênio	µg/L	10	< 1,0
Vanádio	µg/L	-	18,2
Zinco	µg/L	1050	19,4
Benzeno	µg/L	5	< 1,0
Estireno	µg/L	20	< 1,0
Etilbenzeno	µg/L	300	< 1,0
Tolueno	µg/L	700	< 1,0
Xilenos	µg/L	500	< 3,0

Fonte: ARATER, 2017.

Na água subterrânea, os parâmetros de Alumínio, Ferro e Manganês estão com concentrações um pouco mais elevada, entretanto como não há nenhuma rota de

exposição direta dos organismos com a água subterrânea, os resultados não serão utilizados para o cálculo da ARE.

Na compilação dos resultados das análises laboratoriais, podem ser observados que as maiores concentrações dos parâmetros são para o solo. Portanto para a análise de risco ecológico, serão selecionados apenas as concentrações máximas do solo, que são estipuladas pela Resolução do CONAMA nº 420/09 (BRASIL, 2009) ou quando não tiverem padrão estipulado, mas que foram detectados como potencialmente perigosas para a saúde ecológica. Dessa forma, as substâncias de interesse escolhidas são: o alumínio (25.787 mg/kg), o cromo (138 mg/kg), o ferro (30.419 mg/kg) e o manganês (196,2 mg/kg).

O alumínio é naturalmente encontrado na crosta terrestre, a forma de liberação deste elemento na natureza se dá principalmente por intemperismo de rochas. As concentrações deste parâmetro são variadas de acordo com o compartimento ambiental, nas águas superficiais esses valores geralmente são ínfimos ($<0,1$ mg/L), no solo pode variar de 7 a mais de 100 mg/Kg. Os maiores valores encontrados para esse parâmetro são em áreas industriais ou urbanizadas (ATSDR, 2008). Na região, segundo estudo realizado nas proximidades do empreendimento, o solo da Bacia do Rio Correntes possui uma classificação do tipo latossolo vermelho-escuro álico, no qual possui características de baixa concentração de nutrientes e elevada saturação por alumínio, o que pode ter influência nos resultados de alumínio no solo (FAVRETTO, 2016).

Segundo a Resolução CONAMA 420/09 (BRASIL, 2009) o parâmetro alumínio, não tem valor de prevenção (VP) definido, no entanto, por apresentar diversos efeitos negativos quando em altas concentrações, o elemento foi selecionado para a ARE.

O cromo também é um elemento presente de forma natural no ambiente, pode ser encontrado em plantas, solo, animais, rochas, entre outros. A seleção do cromo foi definida por apresentar valores acima dos padrões estipulados pela Resolução do CONAMA 420/09, que é de 75 mg/kg (BRASIL, 2009), além de ser um composto perigoso para saúde ecológica.

O elemento ferro é um metal essencial a vida, sendo envolvido etapas importantes da biologia, como síntese de DNA, fixação de nitrogênio, fotossíntese, entre outras tantas funções (BECANA et al., 1998). Diante disso, o ferro será um parâmetro avaliado por

poder representar algum efeito negativo dentre os organismos, quando em altas concentrações.

Assim como os outros elementos, o manganês é abundante na crosta terrestre sendo liberado naturalmente para o ambiente. Em baixas concentrações, esse parâmetro é essencial para as diversas funções metabólicas, para os animais, plantas e seres humanos (REISENAUER, 1988; MARSCHNER, 2012). Já em altas concentrações, o Mg pode interromper processos fisiológicos nas células das plantas e ocasionar diversos danos (MADHUMITA e SHARMA, 1991; MILLALEO et al, 2010). O manganês não apresenta valores de prevenção na resolução do CONAMA 420/09 (BRASIL, 2009), mas por ser uma substância considerada perigosa, parte será considerado para a avaliação de risco ecológico.

7.2 IDENTIFICAÇÃO DOS RECEPTORES ECOLÓGICOS RELEVANTES

As espécies encontradas na área de estudo estão descritas no histórico ambiental já mencionado anteriormente.

De acordo com o compartimento selecionado para ARE (solo), as espécies de interesse foram selecionadas por estarem em maior exposição nas áreas na qual o estudo foi conduzido. Foram definidos os principais receptores ecológicos terrestres, descritos a seguir:

- **Plantas**

A base da cadeia trófica alimentar no ecossistema são os organismos produtores do seu próprio alimento, definidos como autotróficos. Seres que não apresentam essa capacidade de produzir seu próprio alimento, são conhecidos como heterotróficos. Na cadeia alimentar, as plantas são consumidas por herbívoros, que por sua vez podem ser consumidos por animais carnívoros/onívoros (LOPES, 1999). Diante disso, ambientes contaminados podem alterar de alguma forma a cadeia trófica, sendo por ocasionar um declínio na produtividade primária ou entrar no ciclo energético de forma bioacumulada. Dessa forma, todas as plantas terrestres são consideradas vulneráveis à exposição ao solo contaminado.

A espécie de planta selecionada para representar o grupo das plantas terrestres da área de estudo é a *Xylopia aromática*, conhecida popularmente como pimenta-de-macaco. A *X. aromática*, é uma árvore de 4 a 6 metros de altura amplamente distribuída

no Cerrado. As sementes e os frutos desta espécie são consumidos por aves e primatas (LORENZI, 1992).

- **Invertebrados**

Da mesma forma que plantas estão sujeitas aos efeitos tóxicos de um ambiente alterado, os invertebrados também estão. Diversos estudos indicam os invertebrados, representantes dos níveis tróficos mais baixos, como bioindicadores dos perigos da transferência e biomagnificação de contaminantes na cadeia trófica (VASSEUR, COSSU-LEGUILLE, 2006). Desta forma, o representante da macrofauna do solo na área de estudo, foi a minhoca.

A minhoca pertence a Classe Oligochaeta, esses *taxa* são considerados uns dos grupos mais importantes dentre os organismos do solo (MADIGAN, 2010). Suas principais funcionalidades no solo são: decomposição de matéria orgânica, infiltração e porosidade do solo, fertilidade, entre outros (INGHAM, 2006). O contato da minhoca com solo contaminado pode ocasionar absorção desse contaminante nos tecidos, bioacumular, se intoxicar ou até causar a morte (CURRY, 2004). Além disso, esses organismos servem de fonte de alimento para outros animais como os mamíferos, as aves, os répteis e os anfíbios.

- **Aves**

As aves também possuem ampla interação ecológica com o meio, seja pelo consumo dos produtores primários, como na dispersão de sementes, bem como na participação da teia trófica.

Na área de estudo, os registros indicados nos relatórios de monitoramento foram de 284 espécies de aves pertencentes a 57 famílias. Os hábitos alimentares das aves da região foram constituídos principalmente por insetívoros (47%), seguido pelos frugívoros (15%) e os onívoros (13%). Ainda foram encontradas aves das guildas alimentares do tipo carnívora, granívora, inseto-frugívora, malacófago, nectarívora, necrófaga e piscívora, que representaram 25% dos hábitos alimentares (ARATER, 2020).

Para representar a comunidade das aves, foi selecionada uma espécie alvo de acordo com a utilização do compartimento de exposição aos contaminantes. Como a maior exposição na área de estudo é no solo, se faz importante selecionar espécies que possuam maior frequência de contato nas áreas de interesse. Portanto, a espécie selecionada foi o *Turdus rufiventris*, conhecido popularmente como sabiá-laranjeira.

Como não há muitos dados biológicos das espécies brasileiras, as informações necessárias para o cálculo da ARE, serão retiradas do manual dos fatores de exposição à vida selvagem elaborada pela USEPA (1993). A espécie comparativa neste caso, é o *Turdus migratorius* que apresenta semelhança nas características físicas, hábitos alimentares, peso, tamanho e forrageamento. Além de ser uma espécie do mesmo gênero.

O *T. rufiventris* pertence à família Turdidae e da Ordem dos Passeriformes, com distribuição desta família restrita às Américas. Sua alimentação é onívora, e principalmente composta por frutos e invertebrados (SICK, 2001). Gesperin (2009), em seu trabalho com aves do gênero *Turdus spp.*, no sudeste do Brasil, menciona que a maioria das observações de forrageamento dessas aves foram no solo em busca de invertebrados. Dentre as características de consumo, a dieta do *T. rufiventris* apresentou no estudo 51,6% de frutos e o restante de material animal (invertebrados).

- **Mamíferos**

Os mamíferos também participam ativamente nas diversas guildas alimentares. Na área de estudo, de acordo com o histórico de monitoramentos, foram contabilizadas 38 espécies de mamíferos de pequeno, médio e grande porte (ARATER, 2020). Dentre os animais registrados na área do empreendimento, a principal dieta se baseou no hábito onívoro, com 39% das espécies, seguido pelos herbívoros (29%), dos carnívoros e insetívoros (13%) respectivamente.

A espécie selecionada para representar o grupo dos mamíferos na ARE é o *Procyon cancrivorous* (mão-pelada). Esse *taxa* é comum na área do empreendimento e possui a semelhança com o guaxinim (*Procyon lotor*) da América do Norte. Como dados biológicos completos para o estudo da ARE no Brasil são limitados, as informações ecológicas são baseadas no manual da USEPA (1993). Dessa forma, os valores ecológicos do mão-pelada foram atribuídos com base comparativa ao guaxinim que é um representante estudado do mesmo gênero.

De acordo Rodriguez *et al* (2016) existem seis gêneros existentes da família Procyonidae, as espécies *P. cancrivorous* e o *P. lotor* fazem parte deste grupo. A sua distribuição é restrita às Américas do Norte e do Sul. O mão-pelada, apresenta variação de tamanho entre 54 a 65 cm, enquanto seu peso varia de 3 a 10 kg. O hábito alimentar

é constituído por peixes, moluscos, insetos e materiais vegetais em geral (REIS *et al.*, 2006; (SANTOS, HARTZ, 1999; GATTIL *et al.*, 2006 *apud* PEREIRA, 2012).

- **Répteis e Anfíbios**

O grupo dos répteis e anfíbios descritos para a área de estudo é representada por 48 espécies, sendo 28 anfíbios e 20 répteis. A espécie alvo selecionada para representar o grupo da Herpetofauna foi a *Ameiva ameiva* (Lagarto-verde). A espécie se trata de um réptil da família Teiidae, ordem Squamata. O lagarto-verde é uma espécie que se encontra frequentemente na área de estudo, sua alimentação é onívora composta por artrópodes, pequenos vertebrados e materiais vegetais (VANZOLINI *et al.*, 1980; COLLI *et al.*, 1997; TEIXEIRA, 2001 *apud* CRUZ, 2012).

De acordo com Silva *et al.* (2003), os itens alimentares de maior ocorrência na dieta do lagarto, foram baratas (75%), cupins (29%) e larvas de coleópteros (20%), além de um pouco de material vegetal consumido. No estudo efetuado em área de restinga, Silva *et al.* (2003) não encontraram durante as análises do conteúdo estomacal a presença de pequenos vertebrados, mas tal fato pode ser atribuído a plasticidade ecológica do *taxa* em alterar estratégias alimentares de acordo com os itens que o ambiente proporciona em determinado momento. A média de peso dos animais estudados (54 indivíduos), foram de 25,4g para os machos e de 23,2g para as fêmeas.

A área de vida de lagartos, dependem muito do tamanho do animal e da disponibilidade de alimentos (TURNER *et al.*, 1969; CHRISTIAN & WALDSCHMIDT, 1984 *apud* ROCHA, 1999). Um trabalho feito por Rocha (1999) para o estudo de um lagarto *Liolaemus lutzae*, demonstrou que a área de vida não passou de 60 metros quadrados e os machos percorreram distancias maiores do que as fêmeas. Para Vitt (1991), os lagartos são bons exemplares de estudo pois possuem pequena área de ocupação e baixa mobilidade.

Na Tabela 5, consta os dados biológicos das espécies alvo, necessários para os cálculos de Avaliação de Risco Ecológico.

Tabela 5 - Espécies alvo selecionadas para a Avaliação de Risco Ecológico.

PARÂMETROS	Sabiá-laranjeira (<i>Turdus rufiventris</i>)	Mão-pelada (<i>Procyon cancrivorus</i>)	Lagarto-verde (<i>Ameiva ameiva</i>)
Peso corpóreo (kg)	0,078 (SICK, 2001)	7,6 (USEPA, 1993)	0,0254 (SILVA, 2003)
Taxa de ingestão de alimentos (kg/dia)	0,093 (SAMPLE, 1996)	8,3E-05 (USEPA, 1993)	7,6E-04* (USEPA, 1993)
Composição da dieta	Frutos e invertebrados (GASPERIN, 2009)	Frutos, artrópodes, moluscos, répteis, anfíbios, mamíferos, peixes (GATTIL, 2006)	Artrópodes (SILVA, 2003)
Fração de plantas na dieta	0,52 (GASPERIN, 2009)	0,34 (USEPA, 1993)	-
Fração de invertebrados na dieta	0,48 (GASPERIN, 2009)	0,52 (USEPA, 1993)	100 (SILVA, 2003)
Fração de mamíferos na dieta	-	0,02 (USEPA, 1993)	-
Fração de anfíbios e répteis na dieta	-	0,05 (USEPA, 1993)	-
Fração de peixes na dieta	-	2 (USEPA, 1993)	-
Taxa de ingestão de solo (kg/dia)	0,0019 (SAMPLE, 1996)	7,8E-6 (USEPA, 1993)	7,6E-07*(USEPA, 1993)
Área de vida (ha)	0,42 (SAMPLE, 1996)	1.020 (CHEIDA, 2012)	0,006 (ROCHA, 1999)
Fração da área de vida em relação a área de estudo	1,0	0,15	1,0
Taxa diária de ingestão de água (L/dia)	0,0106 (SAMPLE, 1996)	8,2E-06 (USEPA, 1993)	Mínima (USEPA, 1993)

Legenda: *taxa de ingestão estimada para répteis iguanídeos.

7.3 IDENTIFICAÇÃO DAS VIAS DE EXPOSIÇÃO

A identificação das rotas de exposição tem por objetivo apresentar quais são as possíveis vias de contato do receptor ecológico com a substância química de interesse para um determinado meio de ingresso no organismo.

As principais rotas de exposição estão descritas abaixo:

- **Solo**

Como já citado anteriormente, o solo foi o compartimento ambiental com maior concentração de substâncias químicas de interesse e constitui a principal rota de exposição.

O contato direto com o solo pode ocasionar efeitos nos organismos por inalação das partículas com contaminantes, contato dermal, ingestão pela alimentação, e absorção dos contaminantes pelas raízes de plantas. As rotas de exposição para receptor ecológico estão descritas a seguir:

Plantas terrestres - o contato direto com o solo bem como a absorção dos contaminantes através das raízes podem causar efeitos a curto ou longo prazo dependendo do tipo de contaminante.

Invertebrados – os invertebrados na maior parte das vezes possuem contato frequente ao solo, a exposição direta desses animais ao ambiente contaminado pode ocasionar a absorção através da derme ou a ingestão durante a alimentação.

Fauna terrestre (avifauna, mastofauna e herpetofauna) – possui como principais pontos de exposição: ingestão; inalação de partículas; e contato da derme ao solo.

- **Inalação de vapores**

De acordo com as análises das substâncias químicas de interesse, as mesmas não possuem características voláteis e nem produzem vapores. Portanto essa via de exposição não é considerada completa.

- **Alimentos contaminados**

A absorção dos contaminantes pelas plantas da região, podem ser uma via de exposição para animais que consomem folhas e frutos. Para a avaliação do local de estudo, de acordo com os dados disponibilizados pela PubChem (2020), os contaminantes não possuem capacidade de biomagnificação. Portanto apenas será calculado o efeito de consumo direto da planta e invertebrados ao organismo.

- **Água contaminada**

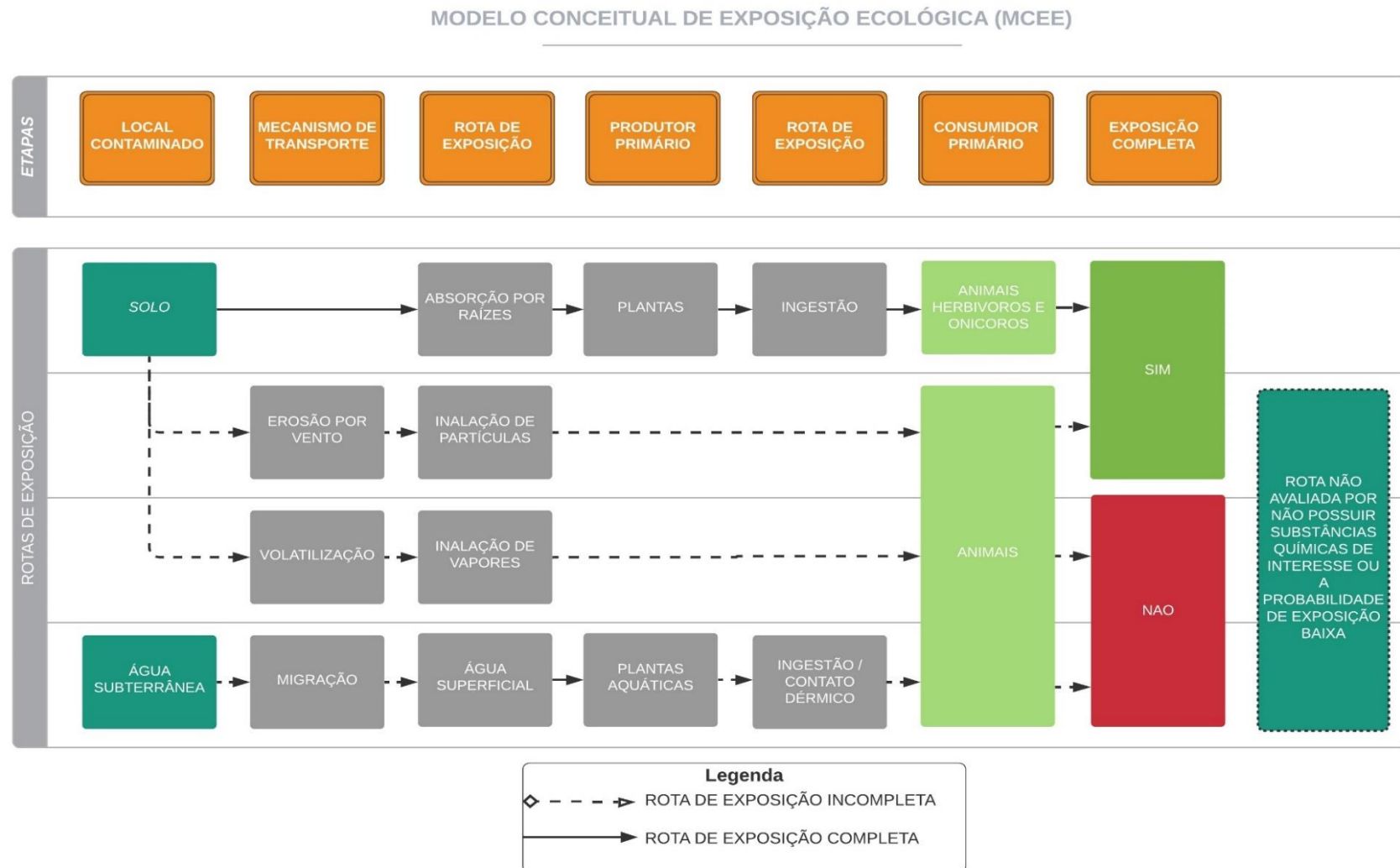
Para os resultados analisados da água superficial no estudo do passivo ambiental, não houveram concentrações acima do Valor de Prevenção (VP) estipulado pela Resolução do CONAMA nº357/2005 e não foram selecionadas substâncias químicas de interesse. Portanto o compartimento da água superficial não será considerado.

7.4 MODELO CONCEITUAL DE EXPOSIÇÃO DOS RECEPTORES ECOLÓGICOS

A união dos resultados quanto a possibilidade de exposição dos receptores ao contaminante pode ser apresentada em forma de diagrama para facilitar a visualização do Modelo Conceitual de Exposição Ecológica (MCEE). Esse modelo compreende as informações quanto ao meio ou fonte de contaminação, o mecanismo de transporte de contaminantes, as rotas de exposição dos receptores ecológicos, as vias de ingresso e os possíveis receptores.

O Modelo conceitual de exposição ecológica está representado na Figura 4.

Figura 4 - Modelo Conceitual de Exposição Ecológica (MCEE) para uma área de investigação de passivo ambiental de uma Usina Sucroalcooleira em Mato Grosso do Sul.



Fonte: O autor (2020).

8. AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DA EXPOSIÇÃO

A ingestão de alimentos, solo, sedimentos, e água exposto à contaminantes é considerada uma rota completa de exposição dos animais presentes no local. Para calcular a exposição dos animais nestes ambientes são necessários que sejam calculadas as concentrações das substâncias químicas de interesse (SQI) nas plantas, invertebrados e animais presentes no ambiente.

8.1 CONCENTRAÇÃO DOS CONTAMINANTES NAS PLANTAS

A concentração das SQI nas plantas que são consumidas pelos animais foi estimada através da multiplicação do valor máximo da concentração do composto no solo com o Fator de Bioconcentração para as Plantas (FBCP) específico a cada composto químico (Equação 1). Os valores de FBCP estabelecidos pela USEPA (1999) foram usados nesse cálculo. Dessa forma:

$$C_{\text{plantas}} = C_{\text{solo}} * \text{FBCP} \quad (1)$$

Onde:

C_{plantas} = Concentração do composto nocivo na planta (mg/kg)

C_{solo} = Concentração do composto nocivo no solo ou sedimento (mg/kg)

FBCP = Fator de Bioconcentração para Plantas

As concentrações utilizadas para o cálculo da exposição nas plantas são as concentrações máximas identificadas no solo e são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Concentração das substâncias químicas de interesse nas Plantas.

PARÂMETROS	Concentração máxima medida no solo (mg/kg)	Fator de Bioconcentração para Planta *	Concentração na Planta (mg/kg)
Alumínio	25.787	4,00E-03	1,03E+02
Cromo	138	7,50E-03	0,103E-01
Ferro	30.419	1,30E-01	5,96E+03
Manganês	196,2	1,30E-01	2,55E+01

Fonte: O autor, 2020; * USEPA, 1999.

8.2 CONCENTRAÇÃO DOS CONTAMINANTES NOS INVERTEBRADOS

A concentração dos contaminantes nocivos nos invertebrados que servem de alimento para outros animais, foi estimada através da multiplicação do valor máximo de

concentração do contaminante no solo com o Fator de Bioconcentração para Invertebrados (FBCI), específico ao composto (Equação 2). Os valores de FBCI estabelecidos pela USEPA (1999) foram usados nesse cálculo. Dessa forma:

$$C_{\text{invertebrados}} = C_{\text{solo}} * \text{FBCI}; \quad (2)$$

Onde:

$C_{\text{invertebrados}}$ = Concentração da SQI do invertebrado (mg/kg);

C_{solo} = Concentração do composto perigoso no solo ou sedimento (mg/kg);

FBCPI = Fator de Bioconcentração para Invertebrado.

As concentrações utilizadas para o cálculo da exposição nos Invertebrados são as concentrações máximas identificadas no solo e são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7- Concentração das substâncias químicas de interesse nos Invertebrados.

PARÂMETROS	Concentração máxima medida no solo (mg/kg)	Fator de Bioconcentração para Invertebrado *	Concentração no Invertebrado (mg/kg)
Alumínio	25.787	7,50E-02	1,9E+03
Cromo	138	2,20E-01	3,0E+01
Ferro	30.419	2,20E-01	6,7E+03
Manganês	196,2	2,20E-01	4,3E+01

Fonte: O autor, 2020; * USEPA,1999.

8.3 CONCENTRAÇÃO DOS CONTAMINANTES NOS ALIMENTOS

A concentração das SQI presente nos tecidos dos alimentos, sejam eles: dos animais predados no caso dos carnívoros; da ingestão de plantas para os herbívoros; invertebrados para insetívoros; ou de dieta variada como no caso dos animais onívoros, juntamente com o consumo de água ou solo contaminado, utiliza-se a Equação 3. Salienta-se que nesta etapa é calculado a proporção de cada item da dieta de acordo com o tipo de alimentação de cada espécie.

$$C_{\text{animal}} = (C_P * \text{BCF}_{P-\text{animal}} * F_P * P_P) + (C_s * \text{BCF}_{s-\text{animal}} * P_s) \quad (3)$$

Onde:

C_{animal} = Concentração do composto no animal (mg/kg tecido);

C_P = Concentração do composto nas plantas (mg/kg);

$\text{BCF}_{P-\text{animal}}$ = Fator de Bioconcentração da Planta para o animal;

F_P = Fração da dieta constituída de plantas terrestres (1 ou 100%);

P_P = Proporção das plantas na dieta que é contaminada (1 ou 100%);

C_s = Concentração do composto no solo (mg/kg);

BCF_{S-animal} = Fator de Bioconcentração do solo para o animal;
P_s = Proporção do solo ingerido que é contaminado (1, ou 100%).

8.4 QUANTIFICAÇÃO DE EXPOSIÇÃO NOS ANIMAIS

Os animais podem estar expostos as SQL por meio do consumo de alimentos e solo contaminados. Os parâmetros de peso corpóreo, composição da dieta, fração de solo e água ingerida, bem como o tempo de permanência no local contaminado, são necessários para os cálculos de exposição nos animais. Os parâmetros dos animais usados como espécies alvo, foram obtidos do Livro “*Wildlife Exposure Factors Handbook*” da USEPA (1993). As características dos animais selecionados como espécies alvo foram apresentadas na Tabela 5. As equações usadas para a quantificação da exposição estão descritas a seguir:

- **Exposição via Ingestão**

A exposição total de ingestão é feita através da somatória das exposições pelo consumo de alimentos (ex. plantas e animais), pela ingestão de água e pela ingestão do solo, de acordo com a Equação 4.

$$E_{\text{ ingestão}} = E_{\text{ alimento}} + E_{\text{ água}} + E_{\text{ solo}} \quad (4)$$

Onde:

E _{ingestão}= Exposição total através da ingestão (mg/kg-dia)

E _{alimento}= Exposição pela ingestão de alimentos (mg/kg-dia)

E _{água}= Exposição pela ingestão de água (mg/kg-dia)

E _{solo}= Exposição pela ingestão de solo (mg/kg-dia)

Para o cálculo dos parâmetros: E _{alimento} (Equação 5) + E _{água} (Equação 6) + E _{solo} (Equação 7) usados no cálculo da exposição por ingestão foram usadas as seguintes equações matemáticas padrões, recomendadas pela USEPA (1993).

- **Exposição por ingestão de alimentos (E_{alimento}):**

$$E_{\text{ alimento}} = (C_{\text{ alimento}} * IR_{\text{ alimento}}) \quad (5)$$

Onde:

E _{alimento} = Exposição por ingestão de alimento (mg/kg-dia)

C _{alimento} = Concentração do composto perigoso no alimento (mg/kg)

IR _{alimento} = Taxa de Ingestão do Alimento (kg/kg-dia)

- **Exposição pela ingestão de água ($E_{\text{água}}$):**

$$E_{\text{água}} = (C_{\text{água}} * IR_{\text{água}}) \quad (6)$$

Onde:

$E_{\text{água}}$ = Exposição por ingestão de água (mg/kg-dia)

$C_{\text{água}}$ = Concentração da substância química de interesse na água (mg/kg)

$IR_{\text{água}}$ = Taxa de Ingestão de água (L/kg-dia)

- **Exposição pela ingestão de solo (E_{solo}):**

$$E_{\text{solo}} = (C_{\text{solo}} * IR_{\text{solo}}) \quad (7)$$

Onde:

E_{solo} = Exposição por ingestão de solo (mg/kg-dia)

C_{solo} = Concentração da substância química de interesse no solo (mg/kg)

IR_{solo} = Taxa de Ingestão de solo (kg/dia)

A exposição final é calculada levando-se em conta a exposição por ingestão multiplicada pela fração da área habitada do receptor, relativa à área contaminada. Para os animais que habitam uma pequena área, a área contaminada engloba a área total que o animal usa para obter alimento, e dessa forma assume-se que o animal está na área contaminada 100% do tempo. Para os animais que ocupam uma área maior do que a área contaminada para obter alimentos, deve-se dividir a área contaminada pela área total usada pelo animal para se obter a fração da área habitada do receptor. A fração da área habitada das espécies alvo estão apresentadas na Tabela 5.

O resultado do cálculo da dose de exposição das espécies selecionadas pode ser visualizado na Tabela 8, a seguir:

Tabela 8 – Dose de exposição dos contaminantes para as Espécies Alvo.

DOSE DE EXPOSIÇÃO NAS ESPÉCIES ALVO SELECIONADAS			
Exposição Total (mg/Kg-dia)			
PARÂMETROS	Sabiá-laranjeira (<i>Turdus rufiventris</i>)	Mão-pelada (<i>Procyon cancrivorus</i>)	Lagarto-verde (<i>Ameiva ameiva</i>)
Alumínio	1,78E+03	2,81E-02	5,76E+01
Cromo	2,05E+01	5,11E-05	9,02E-01
Ferro	8,27E+03	4,02E-02	2,01E+02
Manganês	4,52E+01	2,52E-04	1,29E+00

Fonte O autor, 2020

9. AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE

Os valores de toxicidade servem de base para avaliar os possíveis efeitos adversos que os contaminantes podem ocasionar ao meio. Ainda há poucos estudos quanto aos níveis seguros de exposição da biota à contaminantes, por isso são utilizados índices comparativos a partir de estudos de toxicidade realizados em animais de laboratório para avaliar os efeitos dos diversos produtos químicos. Por meio destes estudos, são definidos os Valores de Referência Toxicológica (TRV) (SAMPLE et al, 1996).

Os TRVs representam a dose de concentração ou de exposição que ocasionariam o menor risco de apresentar efeitos negativos a curto ou longo prazo. Para as plantas e invertebrados terrestres, os valores de referência são associados para quando as doses de contaminantes não são observados efeitos tóxicos, assim definidos como NOAEC (No Observed Adverse Effect Concentration) ou para quando as concentrações observadas ao nível do menor efeito toxicológico o LOAEC (Lowest Observed Adverse Effect Concentration) (EFROYMSON et al, 1997a, 1997b). Com relação aos valores de referência aos animais, usa-se a dose comparativa com o nível de efeito toxicológico não observado, NOAEL (No Observed Adverse Effect Level) ou a dose onde foi observado o menor efeito tóxico, o LOAEL (Lowest Observed Adverse Effect Level) (SAMPLE et al, 1996).

De acordo com as substâncias químicas selecionadas para a área de estudo, os Valores de Referência Toxicológica (TRV) disponíveis para comparação estão descritos na Tabela 9, a seguir:

Tabela 9 – Valores de Referência Toxicológica para as substâncias químicas de interesse.

VALORES DE TOXICIDADE NAS ESPÉCIES ALVO SELECIONADAS				
Parâmetros	Espécie Testada	Efeitos	TRV	Unidade
Plantas				
Alumínio	Pinho	LOAEC - redução crescimento	270	mg/kg
Cromo	Várias	Redução de crescimento e reprodução	312	mg/kg
Ferro	Várias	LOAEC	50	mg/kg
Manganês	Várias	LOAEC	220	mg/kg
Invertebrados				
Alumínio	Microorganismo	Redução da atividade fosfatase ácida no solo	600	mg/kg
Cromo	Várias	Redução de crescimento e reprodução	312	mg/kg

VALORES DE TOXICIDADE NAS ESPÉCIES ALVO SELECIONADAS				
Parâmetros	Espécie Testada	Efeitos	TRV	Unidade
Ferro	Várias	LOAEC - redução crescimento	7533	mg/kg
Manganês	Várias	LOAEC	450	mg/kg
Aves				
Alumínio	Pombo	NOAEL (Crônico)	109,7	mg/kg-dia
Cromo	Pato-preto	Crônico LOAEL - crescimento	5	mg/kg-dia
Ferro	Codorna-bobwhite	LD50 as FeHEDTA	307	mg/kg-dia
Manganês	Codorna-japonesa	Crônico NOAEL - crescimento	977	mg/kg-dia
Mamíferos				
Alumínio	Rato	Crônico LOAEL - crescimento	19,3	mg/kg-dia
Cromo	Rato	Crônico NOAEL - reprodução	2737	mg/kg-dia
Ferro	pequenos mamíferos	LD50 as FeHEDTA	1326	mg/kg-dia
Manganês	Rato	Crônico LOAEL - crescimento	284	mg/kg-dia

Fonte: SAMPLE et al, 1996; EFROYMSON et al, 1997a, 1997b.

10. CARACTERIZAÇÃO DO RISCO

A quantificação de exposição dos receptores na fase de Caracterização do Risco é incorporada na associação das informações toxicológicas e os possíveis efeitos causados pelas substâncias químicas. A comparação quantitativa entre exposição e efeitos consiste em calcular a razão entre ambos. O Quociente de Risco (QR) é expresso pela relação entre a dose de exposição (para os animais) com os valores de toxicidade (Equação 8), ou no caso das plantas e invertebrados a relação entre a concentração no meio e a concentração máxima permitida (Equação 9). O Quociente de Risco é calculado para cada substância química.

Para os animais o QR é calculado da seguinte maneira:

$$QR = \frac{\text{Dose de Exposição (mg/kg/dia)}}{\text{Valores de Toxicidade (mg/kg/dia)}} \quad (8)$$

A Dose de Exposição são os valores calculados para as espécies alvo e estão descritos na Tabela 8, quanto aos Valores de Toxicidade (TRV) são os valores no qual foram atribuídos estudos de laboratório com testes de dose e efeito em alguma espécie (Tabela 9).

O cálculo QR para plantas e invertebrados é feito da seguinte forma:

$$QR = \frac{\text{Concentração do Meio } (\frac{\text{mg}}{\text{kg}} \text{ ou mg/L})}{\text{Concentração Máxima Permitida } (\frac{\text{mg}}{\text{kg}} \text{ ou mg/L})} \quad (9)$$

Quando os resultados dos cálculos da avaliação do quociente de risco QR é <1 significa que os efeitos toxicológicos não são esperados. Nos casos em que o quociente de risco ser >1 existe o potencial dos efeitos tóxicos serem manifestados, no entanto não significa que isso irá necessariamente acontecer.

10.1 QUOCIENTE DE RISCO PARA PLANTAS E INVERTEBRADOS

Os valores do QR para plantas e invertebrados, estão expostos na Tabela 10 e Tabela 11, respectivamente.

Tabela 10 – Quociente de risco para plantas terrestres.

QUOCIENTE DE RISCO PARA PLANTAS TERRESTRES			
PARÂMETROS	Concentração máxima medida no solo (mg/kg)	VRT /PLANTAS (mg/kg)	QR / PLANTA
Alumínio	25.787	270	9,55E+01
Cromo	138	312	4,42E-01
Ferro	30.419	50	6,08E+02
Manganês	196,2	220	8,92E-01

Fonte: O autor, 2020.

Como identificado na Tabela 10, os QRs para plantas terrestres foi acima de 1 para as substâncias químicas de alumínio (95,5) e ferro (608).

Segundo estudo feito por Goransson e Eldhuset (1991 *apud* EFROYMSON et al, 1997b) em uma espécie de pinho (*Pinus sylvestris*), os efeitos obtidos por altas concentrações de alumínio demonstraram que em pH baixo (3,8) houve a redução do crescimento em 40% da planta. De acordo com Yamamoto et al. (2002), o alumínio ocasionou efeitos nas funções mitocondriais das células, causando inibição do crescimento celular em espécies de tabaco (*Nicotiana tabacum*) e da ervilha (*Pisum sativum*), prejudicando a capacidade de crescimento das plantas. Além disso, Matsumoto (2000) também associou o parâmetro como fator de limitação da produção agrícola, principalmente quando associado a solos ácidos.

A USEPA (2003), cita que a concentração total de alumínio no solo não é considerada a melhor maneira para avaliar o potencial de toxicidade e bioacumulação, já que é o alumínio solubilizado que pode ser bioacumulado nas plantas e não o alumínio total. Diante disso, a USEPA recomenda que somente deve-se avaliar o risco de alumínio para as plantas, quando o pH do solo for menor do que 5,5. Segundo Lima e colaboradores (2010), em seu estudo sobre o solo do Cerrado e o plantio de eucalipto na cidade de Selvíria (MS), avaliou que os pHs dos solos da região variaram entre 4,3 e 4,4. Dessa forma, as concentrações de alumínio na área de estudo, localizado em área de Cerrado, indicam que existe o potencial dos efeitos tóxicos a serem observados.

Com relação às concentrações de ferro no solo para as plantas o QR foi acima de 1 para as plantas (608) o que indica que existe o potencial dos efeitos tóxicos serem observados. Os fatores quanto a deficiência de Fe ou o excesso podem ser prejudiciais aos seres vivos, a baixa concentração pode limitar o crescimento dos organismos (BECANA et al., 1998). A plasticidade do Ferro em oxidar em condições fisiológicas pode torná-lo um elemento altamente tóxico para as células de plantas (THOMINE e LANQUAR, 2011).

Tabela 11 – Quociente de risco para invertebrados terrestres.

QUOCIENTE DE RISCO PARA INVERTEBRADOS TERRESTRES			
PARÂMETROS	Concentração máxima medida no solo (mg/kg)	VRT INVERTEBRADOS (mg/kg)	QR INVERTEBRADOS
Alumínio	25.787	600	4,30E+01
Cromo	138	312	4,42E-01
Ferro	30.419	7533	4,04E+00
Manganês	196,2	450	4,36E-01

Os cálculos de QR para os invertebrados indicaram que os parâmetros de alumínio e ferro apresentam QR acima de 1. É importante salientar que Quocientes de Risco acima de 1, indicam um potencial de ocasionar efeitos tóxicos para os invertebrados. Efroymsen *et al.* (1997a), estimou efeitos observados para microorganismos quanto ao parâmetro alumínio, e constatou que concentrações acima de 312 mg/kg, ocasionaram redução na atividade fosfatase ácida no solo e isso pode acarretar diminuição das atividades microbianas no local. No entanto não há comprovação que os efeitos serão idênticos para os invertebrados terrestres.

10.2 QUOCIENTE DE RISCO PARA AVES, MAMÍFEROS E RÉPTEIS

As estimativas de risco para as aves e mamíferos estão descritos na Tabela 12.

Tabela 12 – Quociente de risco para aves e mamíferos.

QUOCIENTE DE RISCO PARA AVES, MAMÍFEROS E RÉPTEIS			
Parâmetros	Dose de exposição (mg/kg-dia)	TRV (mg/kg-dia)	QR
Aves			
Alumínio	1,78E+03	109,7	1,62E+01
Cromo	2,05E+01	5	4,11E+00
Ferro	8,27E+03	307	2,69E+01
Manganês	4,52E+01	977	4,63E-02
Mamíferos			
Alumínio	2,81E-02	19,3	1,46E-03
Cromo	5,11E-05	2737	1,87E-08
Ferro	4,02E-02	1326	3,04E-05
Manganês	2,52E-04	284	8,88E-07

De acordo com os cálculos do Quociente de Risco, há o potencial de risco para as aves para os parâmetros de alumínio (QR = 16,2), cromo (QR = 4,11) e ferro (QR = 26,9).

Os valores de alumínio foram maiores do que 1 na escala de risco, entretanto de acordo com Sample *et al* (1996), os testes com esse parâmetro foram realizados até a concentração de 109,7 mg/kg-dia, durante 4 meses de pesquisa em pombos, onde os resultados indicaram que os efeitos até essa concentração foram considerados NOAEL crônico, no qual não foi possível detectar efeitos adversos. Porém, apesar de não indicar efeitos adversos, deve-se ainda considerar que a concentração elevada do contaminante, tem o potencial de causar efeitos tóxicos.

Da mesma maneira que o alumínio, o ferro e o cromo também apresentaram o QR acima de 1 para as aves, tais concentrações possuem potencial de causar efeitos tóxicos adversos.

Os Quocientes de Riscos para a espécie alvo do grupo dos mamíferos não indicaram efeitos adversos na exposição às substâncias químicas de interesse. Entretanto, é sabido que altas concentrações de produtos químicos podem ocasionar efeitos adversos. Segundo Fraga *et al* (1990 *apud* Centro Nacional de Informação Biotecnológica/USA – PubChem, 2020), a dieta rica em alumínio em camundongos, pode ocasionar distúrbios neurológicos associado ao aumento do composto nos tecidos.

O cromo é um elemento presente de forma natural no ambiente, no entanto esse elemento pode ter várias formas: o cromo (Cr^0), o cromo da forma trivalente (Cr^3) e o hexavalente (Cr^6). As formas Cr^0 e Cr^6 são oriundas de processos antropogênicos e o Cr^3 de fontes naturais e essenciais para o ambiente. O composto mais perigoso do cromo é o hexavalente, além de ser carcinogênico em humanos, a exposição crônica pode ocasionar sérios danos a vários órgãos do corpo. Nos mamíferos o Cr^6 pode ocasionar mutações cromossômicas (Centro Nacional de Informação Biotecnológica/USA – PubChem, 2020). Portanto esse parâmetro deve ser cuidadosamente monitorado.

Para o grupo dos répteis não foi possível calcular o quociente de risco por não haver estudos disponíveis para as espécies da herpetofauna. Sample et al (1996) corrobora que esse grupo não é apropriado por haver poucos dados experimentais. Cabe mencionar que os hábitos desse grupo são diversos. Por serem animais ectotérmicos, cuja regulação do metabolismo é baseada nas condições climáticas e incidência de calor externo, os valores de taxa de ingestão de alimentos, taxa de consumo de água e solo podem ser afetadas de acordo com as estações do ano e variações climáticas.

11. ANÁLISE DAS INCERTEZAS

A Análise das Incertezas também faz parte da ARE. As incertezas estão associadas às seguintes etapas do processo de Avaliação de Risco:

1. Amostragem e aquisição de dados:

A amostragem do meio físico, incluindo solo, água subterrânea, água superficial e sedimento constitui aspecto fundamental na análise de risco. A quantidade de amostras, bem como a representatividade das mesmas demonstram uma melhor caracterização quantitativa quanto as concentrações relevantes das Substâncias Químicas de interesse. Dessa forma, quanto mais amostras forem coletadas, haverá melhor caracterização das concentrações e menor será a incerteza com relação ao risco calculado. Neste estudo, a maior incerteza é com relação a água superficial, que na ocasião do estudo do passivo ambiental (dados secundários), não foram analisados todos os parâmetros essenciais para a avaliação completa.

2. Estimativas de Exposição Ecológica:

O estudo foi focado em espécies alvo previamente selecionadas para representar toda a comunidade da biota terrestre do local. Com relação a seleção das espécies, o trabalho centralizou a atenção para os animais com maior contato às áreas de interesse ambiental e na seleção das guildas tróficas mais afetadas à exposição dos contaminantes. Essa etapa tem um grande fator de incerteza pois se trata de uma modelagem da cadeia trófica com utilização de dados disponíveis na literatura, o que pode não condizer com a realidade local.

3. Quantificação das Doses de Ingresso:

Para a quantificação das doses de ingresso foram usadas as concentrações máximas obtidas nas amostras do meio físico. Essa é uma abordagem bastante conservadora, pois possivelmente as espécies da região não estão expostas às concentrações máximas 100% do tempo. Portanto, conclui-se que os riscos calculados para os receptores ecológicos são em realidade menores.

4. Toxicidade do Contaminante e seus efeitos adversos:

Com relação à toxicidade dos contaminantes e seus efeitos adversos, os valores de toxicidade foram obtidos pelo manual da EPA (1993) e pelo Sample (1996, 1997a, 1997b). Normalmente esses estudos se baseiam em testes com animais de laboratório com ênfase em espécies mais sensíveis aos efeitos toxicológicos. Dessa forma, conclui-se que os valores de toxicidade apresentam uma margem de segurança elevada e, dessa forma, os riscos atuais são provavelmente menores dos que os calculados nesse estudo. Outra incerteza relacionada à toxicidade das substâncias químicas de interesse, são os poucos estudos realizados com animais da herpetofauna (répteis e anfíbios). Tais grupos não apresentam referências toxicológicas para medidas comparativas, aumentando a incerteza para esse grupo específico.

12. CONCLUSÃO

O resultado da Avaliação de Risco Ecológico Preliminar na área de estudo, indicou que o Quociente de Risco (QR) para as plantas apresentaram índices acima de 1 para os parâmetros de alumínio e ferro, tal fato indica que a exposição contínua ($QR > 1$) aos contaminantes podem ter efeitos deletérios para a vegetação. Com relação aos

invertebrados terrestres, o QR para os parâmetros alumínio e ferro foram acima de 1 ($QR > 1$), o que indica há possibilidade de os efeitos serem tóxicos.

Quanto a análise da espécie alvo do grupo das aves, o QR foi elevado para os parâmetros de alumínio, ferro e cromo. Tais concentrações sugerem que o contato constante ao contaminante podem ocasionar efeitos tóxicos.

Em relação aos mamíferos, os resultados do Quociente de Risco apresentaram menores do que o índice 1 ($QR < 1$), ou seja, as concentrações do meio estudado não indicaram potencial tóxico para o grupo. Para o grupo dos répteis, não foi possível calcular o QR por não haver dados científicos disponíveis quanto aos Valores de Referência de Toxicidade.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Execução de sondagens de simples reconhecimento dos solos** – NBR-6484, 2001.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento – métodos de pruga**. NBR 15847, 2010.

ANA; CETESB. **Guia Nacional de coleta e preservação de amostras de água**, 1ª ed. São Paulo. 2011.

ANDRADE, J.M.F. de; DINIZ, K. M. **Impactos Ambientais da Agroindústria da Cana-de-açúcar: Subsídios para a Gestão**. Monografia apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo. 2007. 131p.

APHA; AWWA; WEF. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 22nd ed. Washington: America Public Health Association. 2012.

ARATER CONSULTORIA E PROJETOS. **Relatório técnico de investigação de passivo ambiental**. Sonora: 2017.

ARATER CONSULTORIA E PROJETOS. **Programa de monitoramento da fauna flora**. Sonora: 2018.

ARATER CONSULTORIA E PROJETOS. **Programa de monitoramento da fauna terrestre**. Sonora: 2020a.

ARATER CONSULTORIA E PROJETOS. **Programa de Recuperação de Áreas Degradadas - Comunidades Aquáticas**. Sonora: 2020b.

ARAÚJO-MOURA, A.A.C.; CAFFARO FILHO, R.A. Panorama do gerenciamento de áreas contaminadas no Brasil após a Resolução CONAMA 420/09. **Águas Subterrâneas**, v. 29, n. 2, 2015. p. 202-212.

ATSDR. **Toxicological profile for aluminum**. Atlanta, GA. United States Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2008. Disponível em: <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp.asp?id=191&tid=34#top> (Acesso em: 13/06/2020).

BECANA, M. MORAN, J. F.; ORMAETXE, I. I. Iron-dependent oxygen free radical generation in plants subjected to environmental stress: toxicity and antioxidant protection. **Plant and Soil**, v. 201, 1998. p. 137-147.

BIOSUL. MS encerra safra da cana-de-açúcar 18/19 com moagem 5,4% maior. **BIOSUL Associação dos Produtores de Bioenergia de Mato Grosso do Sul**. Matéria 23, abril, 2019. Disponível em: <http://biosulms.com.br/ms-encerra-safra-da-cana-de-acucar-18-19-com-moagem-54-maior-2/>. Acesso em: 13 jun. 2020.

BRASIL. Ministro de Estado do Interior. Portaria Nº 323. 1978. Proíbe o lançamento de vinhoto em coleções de água. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF. 1978.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 fev. 1986.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 15 de junho de 2005. **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**. Brasília, 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 10 jun. 2020.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009. **Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas**. Brasília, 2009.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). 2005. **Norma Técnica - P4.231** – Vinhaça Critérios e Procedimentos para Aplicação no Solo Agrícola. Disponível em: http://www.udop.com.br/download/legislacao_vinhaca.pdf. Acesso em: 14 jun, 2020.

CHAGAS, C. S.; JUNIOR, W. C.; SILVA, Ê. F.; COELHO, M. R.; PEREIRA, N. R.; ZARONI, M. J.; AMARAL, F. C. S.; BHERING, S. B.; GONÇALVES, A. O.; DART, R. O.; AGLIO, M. L. D.; LOPES, C. H. L.; SOARES, J.; AMORIM, A. M.

Zoneamento Agroecológico do município de Sonora – MS. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. **Dados eletrônicos**. 62 p. - (ISSN 1678-0892; 177). Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/918948/zoneamento-agroecologico-do-municipio-de-sonora---ms>. Acesso em: 30 maio 2020.

CHEIDA, C. C. **Ecologia espaço-temporal e saúde do guaxinim *Procyon cancrivorus* (Mammalia: Carnivora) no Pantanal central**. 2012. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

CHRISTIAN, K. & WALDSCHMIDT, S. The relationship between lizard home range and body size: a reanalysis of the data. **Herpetologica**, v. 40, 1984. p. 68-75.

CONAB CND. **Acompanhamento da safra brasileira Cana-de-açúcar**. v7 - Safra 2019/2020, n. 1 – Primeiro levantamento, maio 2020. Ed. Conab, CONAB. Brasília, DF. 2020, 62p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br> Acesso em: 12/07/2020

COLLI, G. R., PÉRES-JR, A.K., ZATZ, M.G. & PINTO, A.C.S. Estratégias de forrageamento e dieta em lagartos do Cerrado e Savanas Amazônicas. In, LEITE, L. L. & SAITO, C. H. (org.). **Contribuição ao conhecimento ecológico do Cerrado- Trabalhos selecionados no 3º Congresso de ecologia do Brasil** (Brasília 6-11/10/96). Brasília, Dept. Ecologia- Universidade de Brasília. 1997.

CRUZ, A. J. R. **Ecologia, Diversidade e Conservação dos Lagartos da Serra de Ouro Branco, Minas Gerais**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Rio Preto. Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Ouro Preto – MG. 2012. 106 p.

CURRY, J. P. Factors affecting the abundance of earthworms in soils. In: C. A. Edwards (Ed.). **Earthworm ecology**. 2nd Ed. CRC Press, Boca Raton. 2004. Pp. 91-113.

EFROYMSON, R. A.; WILL, M. E.; SUTER II, G. W. Toxicological Benchmarks for Contaminants of Potential Concern for Effects on Soil and Litter Invertebrates and Heterotrophic Process: 1997 Revision. **Oak Ridge National Laboratory**. Oak Ridge, TN. 1997a.

EFROYMSON, R. A.; WILL M. E.; SUTER II G. W.; WOOTEN A. C. Toxicological Benchmarks for Screening Contaminants of Potential Concern for Effects on Terrestrial Plants: 1997 Revision. **Oak Ridge National Laboratory** Oak Ridge, TN. 1997b.

GARCIA, M. V. B. Effects of pesticides on soil fauna: development of ecotoxicological test methods for tropical regions. **Ecology and Development** Series v. 19, Zentrum für 17 Entwicklungsforschung, University of Bonn, 2004. 281 p.

GASPERIN, G.; PIZO, M. A. Frugivory and habitat use by thrushes (*Turdus* spp.) in a suburban area in south Brazil. **Urban Ecosystems**, 12:425-436, 2009.

GATTIL, A., BIANCHI, R., ROSA, C. R. X., e MENDES, S. L. Diet of two sympatric carnivores, *Cerdocyon thous* and *Procyon cancrivorus*, in a restinga area of Espírito Santo State, Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Reino Unido, v. 22, p. 227-230, 2006.

GORRANSSON, A.; ELDHUSET, T. D. Effects of aluminum on growth and nutrient uptake of small *Picea abies* and *Pinus sylvestris* plants. **Trees** v. 5, p. 136-42, 1991.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de Biomas e de Vegetação do Brasil**. 2004. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/arquivos/mapas_cobertura_vegetal.pdf . Acesso em: 23 maio 2020.

ICMBio, Instituto Chico Mendes da Biodiversidade. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. **Ministério do Meio Ambiente**, Brasília, 2018. 1. Ed. 492 p.

INGHAM, E. R. **The soil biology primer**. 2006. disponível em: http://soils.usda.gov/sqi/concepts/soil_biology/fw&soilhealth.html. Acesso em: 25 jul 2020.

IUCN 2020. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2019-3. Available from: <http://www.iucnredlist.org>. Acesso em: Fevereiro, 2020.

JURAS, L. A. G. M. Os impactos da Indústria no Meio Ambiente. In: GANEN, R. S. Políticas setoriais e meio ambiente. **Série temas de interesse do Legislativo**, v. 28. Câmara dos Deputados - Edições Câmara, 2015. p.374.

KÖPPEN, W. Climatología. Buenos Aires, **Fondo de Cultura**. p. 152-192, 1948.

LIMA, C. G. R; CARVALHO, M. P.; NARIMATSU, K. C. P.; SILVA, M. G.; QUEIROZ, H. A. Atributos físico-químicos de um latossolo do Cerrado Brasileiro e sua relação com características dendrométricas do eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 163-173, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v34n1/a17v34n1.pdf>. Acesso em: 30 de jul. 2020.

LOPES, S. **Bio**. Volume Único, Editora Saraiva, São Paulo, 1999.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa – SP: Editora Plantarum. 1992. p.17.

FAVRETTO, C. S. **Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água do reservatório UHE Ponte de Pedra (mt/ms) no planalto adjacente ao pantanal**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis, 2016. 100 f. Disponível em: https://www.ufmt.br/ppgeo_cur/arquivos/185e5844ce53e42829e45fe0b0b2a82d.pdf. Acesso em: 30 maio 2020.

FILHO, E. F. S. et al. **Estudo de Impacto Ambiental** Sonora Estância S/A. 2009.

FRAGA C. G.; OTEIZA P. I.; GOLUB M. S.; GERSHWIN M. E.; KEEN C. L. Effects of aluminum on brain lipid peroxidation. **Toxicol Lett.** V. 51(2). p.213-219. 1990. DOI:10.1016/0378-4274(90)90212-5.

MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; DUNLAP, P. V.; CLARK, D. P. **Microbiologia De Brock**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 1160 p.

MADHUMITA, J.M.; SHARMA, A. Manganese in cell metabolism of higher plants. **Bot. Rev.** 1991;57:117–149.

MAPA. Sustentabilidade/Agroenergia. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2020. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em 23/10/2020.

MARSCHNER, P. **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3rd ed. Academic Press; Boston, MA, USA: 2012. pp. 483–651.

MATO GROSSO DO SUL. **Resolução SEMADE n. 09 de 13 de maio de 2015. Estabelece normas e procedimentos para o licenciamento ambiental Estadual, e dá outras providências.** Campo Grande, MS. 2015. Disponível em: <https://www.imasul.ms.gov.br/wp-content/uploads/2019/11/Res-Semade-09-2015-compilada.pdf>. Acesso em: 12/jul/2020.

MATSUMOTO, H. Cell biology of aluminum toxicity and tolerance in higher plants. **International Review of Cytology**. 2000, v 200: 1–46. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=9_Q2X19xSCMC&oi=fnd&pg=PA1&ots=SJ1RSnvmrV&sig=3MSVQPCVaW1uNEQckxC6oxNjlig&redir_esc=y#v=onepage&q&f=true. Acesso em: 13/06/2020.

MILLALEO, R.; REYES-DÍAZ M.; IVANOV A.G.; MORA M.L.; ALBERDI M. Manganese as essential and toxic element for plants: Transport, accumulation and resistance mechanism. **J. Soil Sci. Plant Nutr.** 2010;10:470–481. doi: 10.4067/S0718-95162010000200008.

MORAES, S.L.; TEIXEIRA, C.E.; MAXIMIANO, A.M.S. **Guia de elaboração de planos de intervenção para o gerenciamento de áreas contaminadas**. 1ª edição revisada. São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo: BNDES, 2014.p 398.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION. PubChem Database. **Aluminum**, CID=5359268. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5359268> (Acesso em: 13/06/2020).

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION. PubChem Database. **Chromium**, CID=23976, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/23976#section=IUPAC-Name> (accessed on June 13, 2020)

NAVES JÚNIOR, M. M.; BELLE, H. B. M. A atividade sucroenergética em Goiás e os aspectos jurídicos relacionados aos seus impactos ambientais. In: MOSTRA DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA DA PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU DA PUC GOIÁS, 6., 2011, Goiânia. **Anais eletrônicos**. Goiânia, GO: Pontífica Universidade Católica de Goiás, 2011. Disponível em:

<http://www.cpgls.pucgoias.edu.br/6mostra/artigos/SOCIAIS%20APLICADAS/MARCIO%20MARTINS%20NAVES%20JUNIOR%20E%20HELENA%20BEATRIZ%20DE%20MOURA%20BELLE.pdf> . Acesso em: 12/07/2020.

NIEMEYER, J. C.; Silva, E. M.; SOUZA, J. P. Desenvolvimento de um esquema para avaliação de risco ecológico em ambientes tropicais: estudo de caso da contaminação por metais em Santo Amaro de Purificação, Bahia, Brasil. **J. Braz. Soc. Ecotoxicol.** Bahia, 2007. v. 3, p. 263-267.

NIEMEYER, J. C. **Aspectos biológicos de *Cubaris murina* Brandt (Crustacea: Isopoda) e seu uso em ecotoxicologia: estudo da sensibilidade ao Glifosato**. Dissertação (mestrado) - Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Brasil. 2004.

PEREIRA, K. F. ***Procyon cancrivorus* (mão-pelada): Aspectos Morfológicos das Glândulas Salivares e Distribuição do Nervo Isquiático**. 2012, 43f. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Goiás – Escola de Veterinária e Zootecnia, Goiânia – GO, 2012.

PIACENTE, F. J. **Agroindústria Canavieira e o Sistema de Gestão Ambiental: O Caso das Usinas Localizadas nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico), Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2005. p. 181.

REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; PEDRO, W. A.; LIMA, I. P. de. **Mamíferos do Brasil**. Londrina: Ed. UEL, 2006, 437p

REISENAUER H.M. Determination of plant-available soil manganese. In: Graham R.D., Hannam R.J., Uren N.C., editors. **Manganese in Soils and Plants. Developments in Plant and Soil Sciences**. Volume 33. Springer; Dordrecht, The Netherlands: 1988. pp. 87–98.

REZENDE, L. M; MAGALHÃES, P. A. N. R. **Impactos sociais e ambientais da indústria sucroalcooleira no estado de Goiás**. 2012. 21 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade de Rio Verde, Goianésia, Goiás, 2012 Disponível em: <<http://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/IMPACTOS%20SOCIAIS%20E%20AMBIENTAIS%20DA%20INDUSTRIA%20SUCROALCOOLEIRA%20NO%20ESTADO%20DE%20GOIAS.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2020.

ROCHA, C. F. D. Home Range of the Tropidurid Lizard *Liolaemus lutzae*: sexual and body size differences. **Rev. Brasil. Biol.**, Rio de Janeiro – RJ. ed. 59 (1). 1999. p. 125-135.

RODRIGUEZ, S. G.; MORGAN, C. C.; SOIBELZON, L. H.; LYNCH, E. **Intra- and interspecific variation in tooth morphology of procyon cancrivorus and p. Lotor (carnivora, procyonidae), and its bearing on the Taxonomy of fossil south American procyonids.** *Hystrix*, v. 27, n. 2, 2016.

RODRIGUES, D. M. T. **Sustentabilidade do setor sucroalcooleiro na Microreião de Ceres - GO.** Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO., 2013. p. 281.

SAMPLE, B.E.; OPRESKO D.M.; SUTER, G.W. **Toxicological Benchmarks for Wildlife: Revision.** (Original Draft ES/ER/TM-86/R3). TN: Prepared for the U.S. Department of Energy, Office of Environmental Management. Oak Ridge, 1996. p. 217.

SANTOS, M. D., HARTZ, S. M. The food habits of *Procyon cancrivorus* (Carnivora, Procyonidae) **in the Lami Biological Reserve**, Porto Alegre, Southern Brazil. *Mammalia*, Paris, v. 63, 1999. p. 525-530.

SÃO PAULO. CETESB. **Decisão de Diretoria nº 038, de 07 de fevereiro de 2017. Dispõe sobre a aprovação do “Procedimento para a Proteção da Qualidade do Solo e das Águas Subterrâneas”, da revisão do “Procedimento para o Gerenciamento de Áreas Contaminadas” e estabelece “Diretrizes para Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Âmbito do Licenciamento Ambiental”, em função da publicação da Lei Estadual nº 13.577/2009 e seu Regulamento, aprovado por meio do Decreto nº 59.263/2013, e dá outras providências.** São Paulo, 2017. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2014/12/DD-038-2017-C.pdf>. Acesso em: 06 jun 2020.

SILVA, A. F.; FERREIRA, A. C. S. Um estudo teórico sobre a contabilização dos impactos ambientais no setor sucroalcooleiro. **RCO – Revista de Contabilidade e Organizações – FEA-RP/USP**, v. 4, n. 8, p. 139-159, jan-abr/ 2010. ISSN: 19826486.

SILVA, T. F.; ANDRADE, B. F. E.; TEIXEIRA, R. L.; GIOVANELLI, M. Ecologia de Ameiva ameiva (Sauris Teiidae) na Restinga Guriri, São Mateus, Espírito Santo, sudeste do Brasil. **Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão**. Santa Tereza – ES. 15:5-15. 2003.

SILVA, F. V. **Avaliação de risco ecológico em solos: metodologias utilizadas em estudos de caso e limitações para sua aplicação em áreas contaminadas no Brasil.** Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis - SC, p. 136, 2018

SILVEIRA, M. C. de M. **Relatório diagnóstico aquífero furnas nos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná – bacia sedimentar do Paraná.** Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas. Belo Horizonte: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2012. v.12 35p. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/hidrologia/mapas_publicacoes/aquiferos_sedimentares/volume12_aquiferos_furnas_sp_ms_pr.pdf. Acesso em: 30 maio 2020.

SICK, H. **Ornitologia Brasileira**. Editora Nova Fronteira S. A., Rio de Janeiro. 1997.

SPÍNOLA, A. L. S.; PHILIPPI JR., A. Contaminated sites and brownfield management State of art in Brazil and in Germany. **Management of Environmental Quality**, vol. 21, n. 3, p. 299-307, 2010.

TEIXEIRA, R.L. Comunidade de lagartos da restinga de Guriri, São Mateus- ES, Sudeste do Brasil. **Atlântica**, Rio Grande, v. 23. 2001. p. 77-84.

TOMAS, W. M.; ANTUNES, P. M.; BORDIGNON, M. O.; CAMILO, A. R.; CAMPOS, Z.; CAMARGO, G.; CARVALHO, L. F. A. C.; CUNHA, N. L.; FISCHER, E.; GODOI, M. N.; HANNIBAL, W.; MOURÃO, G.; RIMOLI, J.; SANTOS, C. F.; SILVEIRA, M. & TOMAS, M. A. 2017. **Checklist of mammal species from Mato Grosso do Sul, Brazil**. Iheringia, Série Zoologia, 107(supl.): e 2017-155.

THOMINE, S.; LANQUAR, V. Iron transport and signaling in plants. in **TRANSPORTERS AND PUMPS IN PLANT SIGNALING**. eds M. Geisler and K. Bemema. Berlin, 2011. p. 99–131.

TURNER, F. B., JENNRICH, R. I. & WEINTRAUB, J. D. Home ranges and body sizes of lizards. **Ecology**, v. 50. 1969. p. 1076-1081.

UNICA – UNIÃO DA INDÚSTRIA CANAVIEIRA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **A energia da cana – Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no brasil e a sua sustentabilidade**. São Paulo, ed. 2, 2007 Disponível em: https://www.unica.com.br/wp-content/uploads/2019/08/cana_livro_unica.pdf. Acesso em: 07 jul 2020.

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Wildlife Exposure Factors Handbook**. EPA/600/R-93/187. Washington, D.C., 1993.

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidelines for Ecological Risk Assessment**. EPA/630/R095/002F. Washington, DC: USEPA, 1998.

VANZOLINI, P. E.; RAMOS-COSTA, A. M. & VITT, L. J. Répteis das Caatingas. **Academia Brasileira de Ciências**. Rio de Janeiro. 1980. 161 p.

VASSEUR, P. C. COSSU-LEGUILLE. Linking molecular interactions to consequent effects of persistent organic pollutants (POPs) upon populations. **Chemosphere**. v. 62: pp. 1033-1042, 2006.

VITT, L. J. Na introdução to the ecology of Cerrado lizards. **Jornal of Herpetology**, v. 25, n. 1, 1991. p. 79-90.

APÊNDICE

Apêndice A - Espécies de mamíferos registradas em uma Usina Sucroalcooleira na Região Norte do estado de Mato Grosso do Sul.

ORDEM / Família / <i>Espécie</i>	NOME POPULAR
ORDEM DIDELPHIMORPHIA	
Família Didelphidae	
<i>Didelphis albiventris</i>	gambá-de-orelha-branca
<i>Gracilinanus agilis</i>	cuíca
<i>Monodelphis kunsii</i>	catita
ORDEM CINGULATA	
Família Dasypodidae	
<i>Dasypus</i> sp	tatu
<i>Dasypus septemcinctus</i>	tatu-galinha-pequeno
<i>Dasypus novemcinctus</i>	tatu-galinha
<i>Euphractus sexcinctus</i>	tatu-peba
<i>Cabassous unicinctus</i>	tatu-de-rabo-mole
<i>Priodontes maximus</i>	tatu-canastra
ORDEM PILOSA	
Família Myrmecophagidae	
<i>Myrmecophaga trydactyla</i>	tamanduá-bandeira
<i>Tamandua tetradactyla</i>	tamanduá-mirim
ORDEM PRIMATES	
Família Cebidae	
<i>Sapajus cay</i>	macaco-prego
Família Atelidae	
<i>Alouatta caraya</i>	bugio
ORDEM RODENTIA	
Família Cricetidae	
<i>Calomys expulsos</i>	rato-do-mato
<i>Cerradomys scotti</i>	rato-do-mato
<i>Oecomys bicolor</i>	rato-da-árvore
<i>Oligoryzomys fornesi</i>	rato-do-mato
<i>Rhipidomys macrurus</i>	rato-da-árvore
Família Caviidae	
<i>Cavia aperea</i>	preá
<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i>	capivara
Família Dasypodidae	
<i>Dasypodcta azarae</i>	cutia
ORDEM LOGOMORPHA	
Leporidae	
<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	tapiti
ORDEM CARNIVORA	
Família Felidae	
<i>Leopardus</i> sp	gato-do-mato
<i>Leopardus pardalis</i>	jaguaririca
<i>Puma yaguaroundi</i>	gato-mourisco
<i>Puma concolor</i>	onça-parda
<i>Panthera onca</i>	onça-pintada

ORDEM / Família / Espécie	NOME POPULAR
Família Canidae	
<i>Cerdocyon thous</i>	lobinho
<i>Chrysocyon brachyurus</i>	lobo-guará
Família Mustelidae	
<i>Eira barbara</i>	irara
Família Procyonidae	
<i>Nasua nasua</i>	quati
<i>Procyon cancrivorous</i>	mão-pelada
ORDEM PERISSODACTYLA	
Família Tapiridae	
<i>Tapirus terrestris</i>	anta
ORDEM ARTIODACTYLA	
Família Tayassuidae	
<i>Pecari tajacu</i>	cateto
<i>Tayassu pecari</i>	queixada
Suidae	
<i>Sus scrofa</i> EXÓTICO	porco-monteiro
Família Cervidae	
<i>Mazama sp</i>	veado
<i>Mazama americana</i>	veado-mateiro

Fonte: ARATER, 2020a.

Apêndice B - Lista de espécies de aves registradas na área de influência do empreendimento ao longo do histórico de monitoramento.

Ordem/Família/espécie	Nome Popular
RHEIFORMES	
Rheidae	
<i>Rhea americana</i>	ema
TINAMIFORMES	
Tinamidae	
<i>Crypturellus undulatus</i>	jaó
<i>Crypturellus parvirostris</i>	inhambu-chororó
<i>Crypturellus tataupa</i>	inhambu-chintã
<i>Rhynchotus rufescens</i>	perdiz
<i>Nothura maculosa</i>	codorna-amarela
ANSERIFORMES	
Anhimidae	
<i>Chauna toraquata</i>	tachã
Anatidae	
<i>Dendrocygna viduata</i>	irerê
<i>Cairina moschata</i>	pato-do-mato
<i>Ana bahamensis</i>	marreca-toucinho

Ordem/Família/espécie	Nome Popular
<i>Amazonetta brasiliensis</i>	pé-vermelho
GALLIFORMES	
Cracidae	
<i>Ortalis canicollis</i>	aracuã-do-pantanal
<i>Penelope superciliaris</i>	jacupemba
<i>Aburria cumanensis</i>	jacutinga-de-garganta azul
<i>Crax fasciolata</i>	mutum-de-penacho
PODICIPEDIFORMES	
Podicipedidae	
<i>Tachybaptus dominicus</i>	mergulhão-pequeno
CICONIFORMES	
Ciconidae	
<i>Ciconia maguari</i>	maguari
<i>Jabiru mycteria</i>	tuiuiú
<i>Mycteria americana</i>	cabeça-seca
SULIFORMES	
Phalacrocoracidae	
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	biguá
Anhingidae	
<i>Anhinga anhinga</i>	biguatinga
PELECANIFORMES	
Ardeidae	
<i>Tigrisoma lineatum</i>	socó-boi
<i>Butorides striata</i>	socozinho
<i>Nycticorax nycticorax</i>	socó-dorminhoco
<i>Bubulcus ibis</i>	garça-vaqueira
<i>Ardea cocoi</i>	garça-moura
<i>Ardea alba</i>	garça-branca
<i>Pilherodius pileatus</i>	garça-real
<i>Syrigma sibilatrix</i>	maria-faceira
<i>Egretta thula</i>	garça-branca-pequena
Threskiornithidae	
<i>Mesembrinibis cayennensis</i>	coró-coró
<i>Theristicus caudatus</i>	curicaca
<i>Theristicus caerulescens</i>	curicaca-real
<i>Platalea ajaja</i>	colhereiro
CATHARTIFORMES	
Cathartidae	
<i>Cathartes aura</i>	urubu-de-cabeça-vermelha
<i>Cathartes burrovianus</i>	urubu-de-cabeça-amarela
<i>Coragyps atratus</i>	urubu-de-cabeça-preta

Ordem/Família/espécie	Nome Popular
<i>Sarcoramphus papa</i>	urubu-rei
ACCIPITRIFORMES	
Accipitridae	
<i>Chondrohierax uncinatus</i>	caracoleiro
<i>Elanus leucurus</i>	gavião-peneira
<i>Circus buffoni</i>	gavião-do-banhado
<i>Ictinea plumbea</i>	sovi
<i>Ictinia mississippiensis</i> ^{VN}	sauveiro-do-norte
<i>Busarellus nigricollis</i>	gavião-belo
<i>Geranospiza caerulescens</i>	gavião-pernilongo
<i>Heterospizias meridionalis</i>	gavião-caboclo
<i>Urubitinga urubitinga</i>	gavião-preto
<i>Spizaetus ornatus</i>	gavião-de-penacho
<i>Rupornis magnirostris</i>	gavião-carijó
<i>Parabuteo unicinctus</i>	gavião-asa-de-telha
<i>Geranoaetus albicaudatus</i>	gavião-de-rabo-branco
<i>Buteo albonotatus</i>	gavião-urubu
<i>Buteo nitidus</i>	gavião-pedres
<i>Spizaetus melanoleucus</i>	gavião-pato
<i>Spizaetus tyrannus</i>	gavião-pegar-macaco
GRUIFORMES	
Rallidae	
<i>Aramides cajaneus</i>	saracura-três-potes
<i>Laterallus melanophaius</i>	sanã-parda
<i>Laterallus viridis</i>	sanã-castanha
<i>Mustelirallus albicollis</i>	sanã-carijó
<i>Pardirallus nigricans</i>	saracura-sanã
CHARADRIIFORMES	
Charadriidae	
<i>Vanelus chilensis</i>	quero-quero
Recurvirostridae	
<i>Himantopus melanurus</i>	pernilongo-de-costas-brancas
Scolopacidae	
<i>Tringa flavipes</i> ^{VN}	maçarico-de-perna-amarela
<i>Tringa solitaria</i> ^{VN}	maçarico-solitário
Sternidae	
<i>Phaetusa simplex</i>	trinta-réis-grande
Jacanidae	
<i>Jacana jacana</i>	jaçanã
COLUMBIFORMES	
Columbidae	

Ordem/Família/espécie	Nome Popular
<i>Columbina talpacoti</i>	rolinha-roxa
<i>Columbina squammata</i>	fogo-apagou
<i>Columbina picui</i>	rolinha-picui
<i>Claravis pretiosa</i>	pararu-azul
<i>Columba livia</i>	pombo-doméstico
<i>Patagioenas speciosa</i>	pomba-trocal
<i>Patagioenas picazuro</i>	pombão
<i>Patagioenas cayennensis</i>	pomba-galega
<i>Patagioenas plumbea</i>	pomba-amargosa
<i>Zenaida auriculata</i>	pomba-de-bando
<i>Leptotila verreauxi</i>	juriti-pupu
<i>Leptotila rufaxilla</i>	juriti-gemeadeira
CUCULIFORMES	
Cuculidae	
<i>Piaya cayana</i>	alma-de-gato
<i>Coccyzus americanus</i> ^{VN}	papa-lagarta-de-asa-vermelha
<i>Coccyzus melacoryphus</i>	papa-lagarta
<i>Crotophaga major</i>	anu-coroca
<i>Crotophaga ani</i>	anu-preto
<i>Guira guira</i>	anu-branco
<i>Tapera naevia</i>	saci
<i>Dromococcyx pavoninus</i>	peixe-frito-pavonino
STRIGIFORMES	
Tytonidae	
<i>Tyto furcata</i>	coruja-da-igreja
Strigidae	
<i>Megascops choliba</i>	corujinha-do-mato
<i>Glaucidium brasilianum</i>	caburé
<i>Athene cunicularia</i>	coruja-buraqueira
<i>Asio clamator</i>	coruja-orelhuda
NYCTIBIIFORMES	
Nyctibiidae	
<i>Nyctibius griseus</i>	mãe-da-lua
CAPRIMULGIFORMES	
Caprimulgidae	
<i>Nyctidromus albicollis</i>	bacurau
<i>Hydropsalis parvula</i>	bacurau-chintã
<i>Hydropsalis maculicaudus</i>	bacurau-de-rabo-maculado
<i>Chordeiles nacunda</i>	corucão
APODIFORMES	
Trochilidae	

Ordem/Família/espécie	Nome Popular
<i>Phaethornis pretrei</i>	rabo-branco-acanelado
<i>Eupetomena macroura</i>	beija-flor-tesoura
<i>Anthracothorax nigricollis</i>	beija-flor-de-veste-preta
<i>Lophornis magnificus</i>	topetinho-vermelho
<i>Chlorostilbon lucidus</i>	besourinho-de-bico-vermelho
<i>Thalurania furcata</i>	beija-flor-tesoura-verde
<i>Hylocharis chrysura</i>	beija-flor-dourado
<i>Amazilia versicolor</i>	beija-flor-de-banda-branca
<i>Amazilia fimbriata</i>	beija-flor-de-garganta-verde
TROGONIFORMES	
Trogonidae	
<i>Trogon curucui</i>	surucuá-de-barriga-vermelha
CORACIIFORMES	
Alcedinidae	
<i>Megaceryle torquata</i>	martim-pescador-grande
<i>Chloroceryle amazona</i>	martim-pescador-verde
<i>Chloroceryle americana</i>	martim-pescador-pequeno
Momotidae	
<i>Momotus momota</i>	udu-de-coroa-azul
Galbulidae	
<i>Galbula ruficauda</i>	ariramba-de-cauda-ruiva
Bucconidae	
<i>Monasa nigrifrons</i>	chora-chuva-preto
<i>Nystalus striatipectus</i>	rapazinho-do-chaco
PICIFORMES	
Ramphastidae	
<i>Ramphastos toco</i>	tucanuçu
<i>Pteroglossus castanotis</i>	araçari-castanho
Picidae	
<i>Picumnus cirratus</i>	pica-pau-anão-barrado
<i>Picumnus albosquamatus</i>	pica-pau-anão-escamado
<i>Picumnus aurifrons</i>	pica-pau-anão-dourado
<i>Veniliornis passerinus</i>	picapauzinho-anão
<i>Celeus flavus</i>	pica-pau-amarelo
<i>Celeus lugubris</i>	pica-pau-louro
<i>Colaptes campestris</i>	pica-pau-do-campo
<i>Dryocopus lineatus</i>	pica-pau-de-banda-branca
<i>Campephilus melanoleucos</i>	pica-pau-de-topete-vermelho
CARIAMIFORMES	
Cariamidae	
<i>Cariama cristata</i>	seriema

Ordem/Família/espécie	Nome Popular
FALCONIFORMES	
Falconidae	
<i>Caracara plancus</i>	carcará
<i>Milvago chimachima</i>	gavião-carrapateiro
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	acauã
<i>Falco sparverius</i>	quiriquiri
<i>Falco ruficularis</i>	cauré
<i>Falco femoralis</i>	falcão-de-coleira
PSITTACIFORMES	
Psittacidae	
<i>Ara ararauna</i>	arara-canindé
<i>Ara chloropterus</i>	arara-vermelha-grande
<i>Orthopsittaca manilatus</i>	maracanã-do-buriti
<i>Primolius maracana</i> *	maracanã-verdadeira
<i>Diopsittaca nobilis</i>	maracanã-pequena
<i>Psittacara leucophthalmus</i>	periquitão-maracanã
<i>Eupsittula aurea</i>	periquito-rei
<i>Brotogeris chiriri</i>	periquito-de-encontro-amarelo
<i>Alipiopsitta xanthops</i> ^{En}	papagaio-galego
<i>Amazona amazonica</i>	curica
<i>Amazona aestiva</i>	papagaio-verdadeiro
PASSERIFORMES	
Thamnophilidae	
<i>Formicivora rufa</i>	papa-formiga-vermelho
<i>Dysithamnus mentalis</i>	choquinha-lisa
<i>Herpsilochmus atricapillus</i>	chorozinho-de-chapéu-preto
<i>Herpsilochmus longirostris</i> ^{En}	chorozinho-de-bico-comprido
<i>Myrmotherula multostriata</i>	choquinha-estriada-da-amazônia
<i>Thamnophilus doliatus</i>	choca-barrada
<i>Thamnophilus pelzeni</i> ^{En}	choca-do-planalto
<i>Thamnophilus caerulescens</i>	choca-da-mata
<i>Taraba major</i>	choró-boi
Dendrocolaptidae	
<i>Sittasomus griseicapillus</i>	arapaçu-verde
<i>Xiphorhynchus guttatus</i> *	arapaçu-de-garganta-amarela
<i>Dendroplex picus</i>	arapaçu-de-bico-branco
<i>Campylorhynchus trochilrostris</i>	arapaçu-beija-flor
<i>Lepidocolaptes angustirostris</i>	arapaçu-do-cerrado
<i>Dendrocolaptes platyrostris</i>	arapaçu-grande
<i>Xiphocolaptes major</i>	arapaçu-do-campo
Família Xenopidae	

Ordem/Família/espécie	Nome Popular
<i>Xenops rutilans</i>	bico-virado-carijó
Furnariidae	
<i>Furnarius rufus</i>	joão-de-barro
<i>Furnarius rufus</i>	joão-do-pantanal
<i>Pseudoseisura unirufa</i>	casaca-de-couro-de-crista-cinza
<i>Schoeniophylax phryganophilus</i>	bichoita
<i>Certhiaxis cinnamomeus</i>	curutié
<i>Synallaxis frontalis</i>	petrim
<i>Synallaxis albescens</i>	uí-pi
<i>Cranioleuca vulpina</i>	arredio-do-rio
Pipridae	
<i>Pipra fasciicauda</i>	uirapuru-laranja
<i>Neopelma pallescens</i>	fruxu-do-cerradão
<i>Antilophia galeata</i> ^{En}	soldadinho
Tityridae	
<i>Pachyramphus polychopterus</i>	caneleiro-preto
<i>Pachyramphus viridis</i>	caneleiro-verde
<i>Pachyramphus validus</i>	caneleiro-de-chapéu-preto
Platyrinchidae	
<i>Platyrinchus mystaceus</i>	patinho
Rynchocyclidae	
<i>Leptopogon amaurocephalus</i>	cabeçudo
<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	bico-chato-de-orelha-preta
<i>Todirostrum cinereum</i>	ferreirinho-relógio
<i>Hemitriccus striaticollis</i>	sebinho-rajado-amarelo
<i>Hemitriccus margaritaceiventer</i>	sebinho-de-olho-de-ouro
Tyrannidae	
<i>Camptostoma obsoletum</i>	risadinha
<i>Elaenia flavogaster</i>	guaracava-de-barriga-amarela
<i>Elaenia chilensis</i> VS	guaracava-de-crista-branca
<i>Elaenia spectabilis</i>	guaravaca-grande
<i>Elaenia mesoleuca</i>	tuque
<i>Elaenia cristata</i>	guaracava-de-topete-uniforme
<i>Elaenia chiriquensis</i>	chibum
<i>Myiopagis gaimardii</i>	maria-pechim
<i>Myiopagis caniceps</i>	guaracava-cinzenta
<i>Myiopagis viridicata</i>	guaracava-de-crista-alaranjada
<i>Phaeomyias murina</i>	bagageiro
<i>Serpophaga subcristata</i>	alegrinho
<i>Legatus leucophaeus</i>	bem-te-vi-pirata
<i>Myiarchus swainsoni</i>	irré

Ordem/Família/espécie	Nome Popular
<i>Myiarchus ferox</i>	maria-cavaleira
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	maria-cavaleira-de-rabo-enferrujado
<i>Casiornis rufus</i>	caneleiro
<i>Pitangus sulphuratus</i>	bem-te-vi
<i>Philohydor lictor</i>	bentevizinho-do-brejo
<i>Machetornis rixosa</i>	suiriri-cavaleiro
<i>Myiodynastes maculatus</i>	bem-te-vi-rajado
<i>Megarynchus pitangua</i>	neinei
<i>Myiozetetes cayanensis</i>	bentevizinho-de-asa-ferrugínea
<i>Myiozetetes similis</i>	bentevizinho-de-penacho-vermelho
<i>Tyrannus albogularis</i>	suiriri-de-garganta-branca
<i>Tyrannus melancholicus</i>	suiriri
<i>Tyrannus savana</i>	tesourinha
<i>Griseotyrannus aurantioatrocristatus</i>	peitica-de-chapéu-preto
<i>Empidonomus varius</i>	peitica
<i>Myiophobus fasciatus</i>	filipe
<i>Sublegatus modestus</i>	guaracava-modesta
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	verão/príncipe
<i>Arundinicola leucocephala</i>	freirinha
<i>Cnemotriccus fuscatus</i>	guaracavuçu
<i>Lathrotriccus euleri</i>	enferrujado
<i>Satrapa icterophrys</i>	suriri-pequeno
<i>Xolmis cinereus</i>	primavera
<i>Xolmis velatus</i>	noivinha-branca
Vireonidae	
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	pitiguari
<i>Hylophilus pectoralis</i>	vite-vite-de-cabeça-cinza
<i>Vireo chivi</i>	juruviera
<i>Vireo olivaceus</i>	juruviera-boreal
Corvidae	
<i>Cyanocorax cyanomelas</i>	gralha-do-pantanal
<i>Cyanocorax cristatellus</i> ^{En}	gralha-do-campo
<i>Cyanocorax chrysops</i>	gralha-picaça
Hirundinidae	
<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	andorinha-serradora
<i>Progne tapera</i>	andorinha-do-campo
<i>Progne subis</i>	andorinha--azul
<i>Progne chalybea</i>	andorinha-doméstica-grande
<i>Tachycineta albiventer</i>	andorinha-do-rio
<i>Hirundo rustica</i> ^{VN}	andorinha-de-bando
<i>Petrochelidon pyrrhonota</i>	andorinha-de-dorso-acanelado

Ordem/Família/espécie	Nome Popular
Troglodytidae	
<i>Troglodytes musculus</i>	corruíra
<i>Campylorhynchus turdinus</i>	catatau
<i>Canthorchilus leucotis</i>	garrinchão-de-barriga-vermelha
Donacobiidae	
<i>Donacobius atricapilla</i>	japacanim
Poliopitilidae	
<i>Poliopitila dumicola</i>	balança-rabo-de-máscara
Turdidae	
<i>Turdus leucomelas</i>	sabiá-do-barranco
<i>Turdus rufiventris</i>	sabiá-laranjeira
<i>Turdus amaurochalinus</i>	sabiá-poca
Mimidae	
<i>Mimus saturninus</i>	sabiá-do-campo
Motacillidae	
<i>Anthus lutescens</i>	caminheiro-zumbidor
Passerellidae	
<i>Ammodramus humeralis</i>	tico-tico-do-campo
<i>Arremon flavirostris</i>	tico-tico-de-bico-amarelo
Parulidae	
<i>Geothlypis aequinoctialis</i>	pia-cobra
<i>Basileuterus culicivorus</i>	pula-pula
<i>Myiothlypis leucophrys</i> ^{EN}	pula-pula-de-sobrancelha
<i>Myiothlypis flaveolus</i>	canário-do-mato
Icteridae	
<i>Icterus pyrrhopterus</i>	encontro
<i>Gnorimopsar chopi</i>	pássaro-preto
<i>Pseudoleistes guirahuro</i>	chopim-do-brejo
<i>Molothrus bonariensis</i>	chopim
Thraupidae	
<i>Tangara sayaca</i>	sanhaçu-cinzento
<i>Tangara palmarum</i>	sanhaço-do-coqueiro
<i>Tangara cayana</i>	saíra-amarela
<i>Nemosia pileata</i>	saíra-de-chapéu-preto
<i>Schistochlamys melanopsis</i>	sanhaço-de-coleira
<i>Schistochlamys ruficapillus</i>	bico-de-veludo
<i>Conirostrum speciosum</i>	figuinha-de-rabo-castanho
<i>Sicalis flaveola</i>	canário-da-terra-verdadeiro
<i>Hemithraupis guira</i>	saíra-de-papo-preto
<i>Volatinia jacarina</i>	tiziu
<i>Lanio penicillatus</i>	pipira-da-taoca

Ordem/Família/espécie	Nome Popular
<i>Lanio cucullatus</i>	tico-tico-rei
<i>Tachyphonus rufus</i>	pipira-preta
<i>Ramphocelus carbo</i>	pipira-vermelha
<i>Tersina viridis</i>	saí-andorinha
<i>Cyanerpes cyaneus</i>	saira-beija-flor
<i>Dacnis cayana</i>	saí-azul
<i>Coereba flaveola</i>	cambacica
<i>Sporophila plumbea</i>	patativa
<i>Sporophila collaris</i>	coleiro-do-brejo
<i>Sporophila caerulescens</i>	coleurinho
<i>Sporophila lineola</i>	bigodinho
<i>Sporophila nigricollis</i>	baiano
<i>Sporophila leucoptera</i>	chorão
<i>Sporophila bouvrewil</i>	caboclinho-paulista
<i>Sporophila angolensis</i>	curió
<i>Saltator coerulescens</i>	sabiá-gongá
<i>Saltator similis</i>	trinca-ferro
<i>Saltator maximus</i>	tempera-viola
<i>Thlypopsis sordida</i>	saí-canário
Cardinalidae	
<i>Cyanoloxia brissonii</i>	azulão
Fringilidae	
<i>Euphonia chlorotica</i>	fim-fim
Passeridae	
<i>Passer domesticus</i>	pardal

Fonte: ARATER, 2020a.