



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
REGIONAL CATALÃO  
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL INSTITUTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**LEONARDO FERREIRA PRADO**

**AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL EM  
CATALÃO (GO)**

**CATALÃO (GO)  
2020**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE GEOGRAFIA

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR  
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES**

**E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

**1. Identificação do material bibliográfico**

[ X ] Dissertação [ ] Tese

**2. Nome completo do autor**

**LEONARDO FERREIRA PRADO**

**3. Título do trabalho**

**AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL EM  
CATALÃO (GO)**

**4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)**

Concorda com a liberação total do documento [ X ] SIM [ ] NÃO<sup>1</sup>

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa.

Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

**a)** consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

**b)** novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

**Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.**



Documento assinado eletronicamente por **Rafael De Ávila Rodrigues, Professor do Magistério Superior**, em 05/11/2020, às 16:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **LEONARDO FERREIRA PRADO, Discente**, em 21/11/2020, às 14:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1659128** e o código CRC **97BB826B**.

---

**Referência:** Processo nº 23070.010935/2020-28 SEI nº 1659128

LEONARDO FERREIRA PRADO

AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL EM  
CATALÃO (GO)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Geografia da Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia.

**Área de concentração:** Geografia e Ordenamento do Território

**Linha de Pesquisa:** Estudos Ambientais

**Orientador:** Prof. Dr. Rafael de Ávila Rodrigues

CATALÃO (GO)

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Ferreira Prado, Leonardo  
Avaliação Físico-Química da Qualidade da Água Pluvial em Catalão (GO) [manuscrito] / Leonardo Ferreira Prado. - 2020.  
CXXVIII, 128 f.

Orientador: Prof. Rafael de Ávila Rodrigues.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Unidade Acadêmica Especial de Geografia, Catalão, Programa de Pós Graduação em Geografia, Catalão, 2020.

Bibliografia. Anexos.

Inclui siglas, mapas, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Análises Físico-Químicas. 2. Geografia e Climatologia. 3. Chuva Ácida. I. de Ávila Rodrigues, Rafael, orient. II. Título.

CDU 55



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE GEOGRAFIA  
**ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO**

Ata nº **179** da sessão de Defesa de Dissertação de **LEONARDO FERREIRA PRADO**, que confere o título de Mestre em **Geografia**, na área de concentração em **Geografia e Ordenamento do Território**.

*Observações:* Banca Examinadora de Defesa Pública de Dissertação realizada em conformidade com a Portaria da CAPES n. 36, de 19 de março de 2020, de acordo com seu Artigo 2º: Art. 2º - A suspensão de que trata esta Portaria não afasta a possibilidade de defesas de tese utilizando tecnologias de comunicação à distância, quando admissíveis pelo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, nos termos da regulamentação do Ministério da Educação. Aos **vinte e seis dias do mês de maio de dois mil e vinte**, a partir das **9h**, na **sala 27, bloco A** do Instituto de Geografia/UFCAT, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada "**AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL EM CATALÃO (GO)**". Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor **Rafael de Ávila Rodrigues** (Geografia/UFCAT- UFG), com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professor Doutor **Paulo César Mendes** (Geografia - UFU), membro titular externo; Professor Doutor **Rildo Aparecido Costa** (Geografia - UFU/ Campus Pontal), membro titular interno, **cuja participação dos membros ocorreu através de videoconferência** pelo aplicativo Google Meet. Durante a arguição os membros da banca **não fizeram** sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido o candidato **aprovado** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor Rafael de Ávila Rodrigues, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, ao(s) vinte e seis dias do mês de maio de dois mil e vinte, às 12h10min.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Rafael De Ávila Rodrigues, Orientador**, em 26/05/2020, às 20:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rildo Aparecido Costa, Usuário Externo**, em 26/05/2020, às 21:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Cezar Mendes, Usuário Externo**, em 04/11/2020, às 20:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1336846** e o código CRC **8287A4D5**.

---

**Referência:** Processo nº 23070.010935/2020-28 SEI nº 1336846

## AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço a Deus obrigado por iluminar o meu caminho. Minha vida tem sido marcada por realizações diárias, que às vezes não dou o devido valor, mas eu sei que a graça de Deus se faz presente em todos os momentos da minha vida.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Geografia, desde a participação e aprovação no processo seletivo bem como as diversas etapas que compõem o mesmo, possui diversos momentos bons e ruins, mas que ao final dessa jornada, tornam-se uma importante e rica experiência.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal de Goiás Regional Catalão pela oportunidade de realização do presente curso. A todos os professores do programa pela importante contribuição, seja através das aulas e também dos diálogos que contribuíram para minha formação profissional e também pessoal.

Ao professor e orientador, Rafael de Ávila Rodrigues, por seu apoio, pelas opiniões e críticas, pela paciência no desenvolvimento da presente pesquisa e, também, por suas sempre tão valiosas palavras de incentivo que motivam a continuar em momentos difíceis, pela orientação, apoio, confiança e determinação.

A esta Universidade, e todo o seu corpo docente, incluindo direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior.

Agradeço meus pais Luzia Maria Ferreira e Romildo Raimundo do Prado, a minha vó Anunciação Ferreira da Silva heroína que me deu apoio, incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço, e também meus amigos do curso de Geografia Ana Maria Rodrigues Vaz, Uliane Cristina dos Santos Borges e Paulo Cesar Pereira Matos que contribuíram para a realização da pesquisa e dissertação.

Agradeço ao Departamento de Química da Universidade Federal de Goiás, Regional Catalão, em especial a graduanda Larissa Cristina Barreto, pela orientação em laboratório, na supervisão do Prof. Dr. Lincoln Lucílio Romualdo.

Agradeço a Unidade Acadêmica Especial Instituto de Geografia da Universidade Federal de Goiás, Regional Catalão e ao Centro de Pesquisas Tecnológicas e Processamento de Imagem (CPTPI), pelo suporte e apoio, sob a supervisão e orientação do Prof. Dr. Rafael de Ávila Rodrigues, e ao Laboratório de Solos – sob supervisão do Professor Dr. Idelvone Mendes Ferreira e do Técnico Administrativo Cleumar Tristão de Aguiar.

Agradeço a Secretária Ms. Marli José Tavares Netto da Unidade Acadêmica Especial Instituto de Geografia da Universidade Federal de Goiás Regional Catalão e a Secretária Ms. Priscila Querino de Lima do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Goiás Regional Catalão.

Agradeço a Prefeitura Municipal de Catalão e a Superintendência Municipal de Água e Esgoto (SAE), pelo fornecimento dos pluviômetros e também agradeço a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMAC) por ter fornecido o Relatório de Fiscalização Ambiental.

Agradeço a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), pelo financiamento ao projeto intitulado Caracterização Físico-Química da Água Pluvial no Espaço Urbano de Catalão (GO). Edital Chamada Pública nº 03/2015 FAPEG/CNPq/PPP, PROGRAMA PRIMEIROS PROJETOS PPP. Controle Digital: 17991.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo que foi de fundamental importância para a realização da pesquisa.

Meus agradecimentos aos amigos do Programa de Pós-Graduação em Geografia e irmãos na amizade que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida com certeza. A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

## RESUMO

O trabalho teve como objetivo fazer uma avaliação físico-química da água pluvial no espaço urbano de Catalão (GO) a fim de avaliar aspectos relativos à chuva ácida com o intuito de compreender o entendimento sua composição físico-química. É considerada chuva ácida aquela que exibe valores de pH inferiores a 5,6. O decréscimo de uma unidade de pH significa aumento de dez vezes na concentração do íon de hidrogênio. Visando avaliar a qualidade do ambiente urbano do município de Catalão-GO, foram medidos os valores de pH, nitrato, nitrito, turbidez e dureza da água das chuvas coletadas em oito bairros da cidade, no período Janeiro/2018 a Dezembro/2019. Foram instalados 08 pluviômetros do tipo Ville de Paris, onde foi feita a coleta em oito pontos dessa rede pluviométrica. Com base nos valores médios de pH analisados e classificados como normais de acordo com legislação portaria 2914/2011 as chuvas incidentes na região não apresentaram riscos imediatos de ácidos, já os valores da média de turbidez, nitrato, nitrito e dureza analisados em oito pontos da cidade no período de 18/01/2019 a 18/11/2019 apresentaram em dois bairros Pontal Norte e Jardim Catalão valores acima do máximo permitido de turbidez, nitrato e nitrito conforme a legislação em vigor da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade portaria 2914/2011.

**Palavras-chave:** Análises Físico-Químicas, Geografia e Climatologia, Chuva ácida.

## ABSTRACT

Through the population and industrial growth observed in the last decades, there is a need to seek alternative sources to solve the air pollution problems that constantly occur in cities. The work aimed to make a physical-chemical assessment of rainwater in the urban space of Catalão (GO) in order to obtain aspects related to acid rain, to monitor the quality of this water. Acid rain is considered to be one that exhibits pH values below 5.6. The decrease of a pH unit means a tenfold increase in the concentration of the hydrogen ion. In order to assess the quality of the urban environment in the municipality of Catalão-GO, the values of pH, nitrate, nitrite, turbidity and hardness of the rainwater collected in eight neighborhoods of the city, from January / 2018 to December / 2019, were measured. 08 Ville de Paris type rain gauges were installed, where the collection was made at eight points of this pluviometric network. Based on the average pH values analyzed and classified as normal according to the ordinance 2914/2011, the rains in the region did not present any immediate risk of acid, since the mean values of turbidity, nitrate, nitrite and hardness were analyzed in eight points of the city in the period from 01/18/2019 to 11/18/2019 presented in two neighborhoods Pontal Norte and Jardim Catalão values above the maximum allowed for turbidity, nitrate and nitrite according to the current legislation on the quality of water for human consumption and its standard of potability ordinance 2914/2011.

**Keywords:** Physical-Chemical Analysis, Geography and Climatology, Acid rain.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01</b>	Fontes de poluentes atmosféricos.....	26
<b>Figura 02</b>	Estratificação Vertical da atmosfera urbana (OKE).....	35
<b>Figura 03</b>	Reações atmosféricas de acidificações.....	44
<b>Figura 04</b>	Jazidas de nióbio da Copebrás da mineradora Anglo American, Catalão (GO).....	58
<b>Figura 05</b>	Polo industrial de Catalão (GO).....	59
<b>Figura 06</b>	Normais Climatológicas 1981-2010 na cidade de Catalão (GO).....	62
<b>Figura 07</b>	Pluviômetros tipo Ville de Paris - Instalados na malha urbana de Catalão (GO).....	66
<b>Figura 08</b>	Proveta J.Prolab de polipropileno graduada em (mm).....	70
<b>Figura 09</b>	Colorímetro DR/980.....	73
<b>Figura 10</b>	Reagentes utilizados para analisar nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ).....	75
<b>Figura 11</b>	Reagente para análise de dureza total ( $\text{CaCO}_3$ ).....	75
<b>Figura 12</b>	Solução tampão pH 7,00 e pH 4,00.....	76
<b>Figura 13</b>	pHmetro de bancada PHS – 3E.....	77
<b>Figura 14</b>	pHep da marca Hanna modelo HI 98127.....	77
<b>Figura 15</b>	América Latina: Carta Sinótica de pressão atmosférica do dia 01/01/2019.....	81
<b>Figura 16</b>	Carta Sinótica 08,09 e 10 de outubro de 2018.....	84
<b>Figura 17</b>	Carta Sinótica 01, 05 e 12 de novembro de 2018.....	84
<b>Figura 18</b>	Legenda das Cartas Sinóticas.....	85
<b>Figura 19</b>	Carta Sinótica 18/01, 12 e 14 de fevereiro de 2019.....	88
<b>Figura 20</b>	Carta Sinótica 25 a 27 de fevereiro de 2019.....	88
<b>Figura 21</b>	Carta Sinótica 08, 10 e 11 de outubro de 2019.....	89
<b>Figura 22</b>	Carta Sinótica 17, 18 e 20 de novembro de 2019.....	89
<b>Figura 23</b>	Legenda das Cartas Sinóticas.....	89

## LISTA DE TABELAS E QUADRO

<b>Tabela 01</b>	Padrões de qualidade do ar no Estado de Goiás.....	47
<b>Tabela 02</b>	Padrões de qualidade do ar na cidade de Catalão (GO).....	47
<b>Tabela 03</b>	População urbana e rural no município de Catalão entre 1980 a 2010.....	56
<b>Tabela 04</b>	Localização dos pontos onde os pluviômetros foram instalados no espaço urbano de Catalão (GO).....	68
<b>Tabela 05</b>	Maiores leituras de chuvas nos meses de janeiro a abril (2018).....	79
<b>Tabela 06</b>	Máximas leituras de chuvas nos meses de janeiro a abril (2019).....	80
<b>Tabela 07</b>	Análise Físico-Química do mês de janeiro de 2019.....	95
<b>Tabela 08</b>	Análise Físico-Química do dia 12 de fevereiro de 2019.....	96
<b>Tabela 09</b>	Análise Físico-Química do dia 25 de fevereiro de 2019.....	97
<b>Tabela 10</b>	Análise Físico-Química do dia 27 de fevereiro de 2019.....	98
<b>Tabela 11</b>	Análise Físico-Química do mês de outubro de 2019.....	99
<b>Tabela 12</b>	Análise Físico-Química do dia 17 de novembro de 2019.....	100
<b>Tabela 13</b>	Análise Físico-Química do dia 18 de novembro de 2019.....	101
<b>Quadro 01</b>	Formação e dissociação do ácido carbônico.....	45

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 01</b>	Valores de pH da água da chuva menor que 5,6.....	82
<b>Gráfico 02</b>	Gráfico de chuva nos bairros Pontal Norte e Jardim Catalão.....	83
<b>Gráfico 03</b>	Valores de pH da água pluvial menor que 5,6.....	86
<b>Gráfico 04</b>	Precipitação pluvial dos bairros Pontal Norte e Jardim Catalão.....	87
<b>Gráfico 05</b>	Média do pH das amostras no período de 05/01/2018 a 28/12/2018.....	92
<b>Gráfico 06</b>	Média do pH da água pluvial no período de 01/01/2019 a 30/12/2019.....	93
<b>Gráfico 07</b>	Média das análises Físico-Químicas, (NTU), (NO <sub>3</sub> -), (NO <sub>2</sub> -) e (CaCO <sub>3</sub> ).....	102

## LISTA DE MAPAS

<b>Mapa 1</b>	Estado de Goiás – Localização do município de Catalão.....	51
<b>Mapa 2</b>	Malha urbana de Catalão (GO) – Localização dos pluviômetros.....	69
<b>Mapa 3</b>	Localização dos pluviômetros próximos a atividade de mineração.....	104

## LISTA DE SIGLAS

**A.C** – Antes de Cristo

**CETESB** - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

**DFA** – Departamento de Fiscalização Ambiental

**DIMIC** - Distrito Mineral Industrial de Catalão

**(CaCO<sub>3</sub>)** - Dureza

**ETA** – Estação de tratamento de água

**FAO** - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura

**GO** – Goiás

**H<sub>2</sub>O** – Água

**H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>** – Ácido carbônico

**HNO<sub>3</sub>** – Ácido nítrico

**H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>** – Ácido sulfúrico

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**MMA** – Ministério do Meio Ambiente

**MMC** – Mitsubishi Motors

**(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)** – Nitrato

**(NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)** – Nitrito

**NTU** – Unidade Nefelométrica de Turbidez

**ONGs** – Organização Não-Governamental

**PIB** – Produto interno bruto

**pH** – Potencial Hidrogeniônico

**RFA** – Relatório de Fiscalização Ambiental

**SO<sub>2</sub>** – Dióxido de Enxofre

**SAE** – Superintendência de Água e Esgoto

**SEMMAC** – Secretaria Municipal de Meio Ambiente

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	18
<b>Capítulo 1 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>20</b>
1.1 Clima e Poluição atmosférica em Áreas Urbanas .....	20
1.2 Climatologia Geográfica e Sistema Clima Urbano.....	30
1.3 Chuva e Qualidade Ambiental Urbana .....	37
<b>Capítulo 2 MATERIAIS E MÉTODO .....</b>	<b>50</b>
2.1 Localização e formação sócio espacial de Catalão (GO).....	50
2.2 Aspectos históricos e urbano-industriais de Catalão (GO).....	53
2.3 Análise das precipitações em Catalão (GO).....	61
2.4 Instalação e coleta dos dados na rede pluviométrica.....	64
2.5 Análises físico-químicas da água pluvial no espaço urbano de Catalão (GO).....	71
<b>Capítulo 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>79</b>
3.1 Caracterização dos episódios pluviais.....	79
3.2 Avaliação do pH da água da chuva em Catalão (GO).....	82
3.3 Análises Físico-Químicas: Nitrato, Nitrito, Turbidez e Dureza total.....	94
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>107</b>
REFERÊNCIAS .....	110
ANEXOS.....	121

## INTRODUÇÃO

A relação entre o clima e homem é muito relevante e pode-se observar que essa relação é vital, pois um transforma o outro, nessa relação o homem transforma um determinado espaço geográfico, modificando o lugar de maneira significativa, transformando-a definitivamente e provocando uma mudança na dinâmica atmosférica. Com o elevado crescimento populacional e o desenvolvimento econômico, observados nos últimos anos, a água vem se tornando um recurso cada vez mais precioso, porém escasso, e disputado praticamente em todo o mundo (DIAS, 2006).

Segundo Feltre (2004), a água é capaz de dissolver um grande número de substâncias, sendo por esse motivo denominada solvente universal. Exatamente por isso, ela tende a se tornar poluída com muita facilidade. Considera-se como agente poluidor da água qualquer substância que venha a torná-la imprópria a vida vegetal e animal ou para o consumo público, agrícola ou industrial.

Com o aumento das atividades industriais e a maior necessidade de produção de alimentos, tem-se observado acentuado aumento da emissão de poluentes e, conseqüentemente, alterações na composição química da atmosfera (BELO et al., 2012; WISBECK et al., 2011; XAVIER et al., 2011; ZERBINATTI et al., 2011).

Conforme salientam Setti et al (2000) a escassez hídrica no Brasil decorre do crescimento exagerado das demandas localizadas e da degradação da qualidade das águas conseqüências aceleradas a partir do período desenvolvimentista através dos processos de urbanização, industrialização e expansão agrícola.

O monitoramento de espécies químicas de importância ambiental, presentes na atmosfera, é uma prática que tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, devido à crescente necessidade de se acompanhar o crescimento nos níveis de poluição encontrados centros urbanos, bem como evitar impactos negativos aos sistemas naturais (LEAL et al., 2004).

As chuvas normais dissolvem o dióxido de carbono existente na atmosfera, estabelecendo um equilíbrio químico entre o gás carbônico (CO<sub>2</sub>), a água (H<sub>2</sub>O) e o ácido carbônico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Como o próprio nome indica, o último composto faz com que a água das chuvas seja normalmente ácida, o que é indicada pelo seu índice pH igual e menor que 5,6. Entretanto a presença de componentes estranhos na atmosfera (principalmente óxidos de nitrogênio e de enxofre) pode ocasionar a dissolução desses compostos nas águas pluviais, que passarão a conter quantidade por vezes acentuada de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) e ácido

sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). “Essa presença leva o pH das águas pluviais a valores muito baixos, caracterizando-se mais um aspecto nocivo da poluição atmosférica: as chuvas ácidas” (Tolentino, et al. 1999).

As características atmosféricas de um determinado local são influenciadas pelas condições reinantes no lugar resultante da combinação de algumas grandezas físicas denominadas elementos climáticos. Tais condições são chamadas de tempo meteorológico, popularmente chamado de condições do tempo. “O clima seria a síntese, a generalização das diferentes condições de tempo prevalentes nesse lugar, e considera um número bem maior de dados, com a frequência de ocorrências de alguns fenômenos meteorológicos mais comuns no local, além das condições médias de tempo” (AYOADE, 2002).

Ribeiro (2011), destaca que a cidade de Catalão passou, nos últimos quarenta anos, por grandes transformações geoeconômicas, que culminaram no incremento da população, no crescimento da malha urbana, em intensas transformações na produção e organização do espaço e, conseqüentemente, no surgimento de problemas sociais, econômicos e ambientais provocados pelo processo de expansão.

Trazendo para a problemática da pesquisa que foi desenvolvida e as complexas interações entre o espaço geográfico, e com a chegada da industrialização do município de Catalão (GO), e também procurando, analisar o elemento climático da precipitação pluvial, que é o objetivo principal da pesquisa desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Geografia, a pesquisa visa a problemática em relação à qualidade da água pluvial, que consisti em analisar o pH, dureza, turbidez, nitrato e nitrido da água da chuva, são estruturados através dos pluviômetros instalada na Cidade.

Para a pesquisa foram instalados oito pluviômetros do tipo Ville de Paris, o modelo é o de uso mais tradicional e generalizado do Brasil. Foram instalados a 1,5m acima do solo de forma equitativa na área urbana da cidade para a coleta dos dados pluviométricos. As amostras de água pluvial foram coletadas em oito pontos da cidade, por meio de uma rede pluviométrica instalada no espaço urbano da cidade de Catalão (GO).

O trabalho teve como finalidade avaliar a qualidade da água da chuva através de parâmetros físico-químicos da água pluvial, analisando pH, Dureza total, Turbidez, Nitrido, e Nitrato, a fim de obter os dados sobre a qualidade desta água, a partir de uma rede de pluviômetros instalados em Catalão.

Nesse sentido, o conhecimento da composição físico-química da água da chuva será essencial para o entendimento e controle das atividades humanas sobre o meio ambiente bem

como promover uma contribuição da qualidade da água como ferramenta de identificação de possíveis poluentes no espaço urbano de Catalão.

## **1- REFERENCIAL TEÓRICO**

### **1.1 Clima e Poluição atmosférica em áreas urbanas**

No conceito de poluição atmosférica inclui uma gama de atividades, fenômenos e substâncias contribuem para a deterioração da qualidade natural da atmosfera, os poluentes atmosféricos são considerados como substâncias que geram esse efeito negativo ao meio ambiente, (ALMEIDA, 1999).

É importante compreender que a atmosfera é a denominação dada à camada de gases que envolve a terra, sendo constituída principalmente de nitrogênio e oxigênio, ela é composta por uma série de cinco camadas concêntricas, a saber: troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera e exosfera (RAVEN et.al., 1995).

Segundo Assunção (1998), aborda a poluição atmosférica como um fenômeno decorrente principalmente da atividade humana em vários aspectos, dentre os quais se destaca o rápido crescimento populacional, industrial e econômico; a concentração populacional e industrial; os hábitos da população e o grau de controle, ou sejam, as medidas adotadas para o controle da poluição atmosférica.

Podemos ponderar que a poluição atmosférica nos centros urbanos tem sido identificada como um grave problema de saúde pública, de modo mais visível, desde o começo do século XX, são duas principais fontes de emissão associadas à contaminação do ar urbano: as indústrias, desde o início da revolução industrial até os dias atuais, e os veículos automotores, que vem se transformando na principal fonte de emissão a partir da segunda metade do século XX, (SALDIVA, 2002. p. 207-23).

A urbanização, por si só, não constitui nenhum problema, ela é antes de tudo resultado da conquista do espaço pela condição do ser humano como um ser gregário, contudo, a imagem da natureza necessita ser incutida aos poucos espaços que ainda restam nos grandes e médios centros urbanos, principalmente pelo fato de que os elementos da natureza possuem atributos de ordem estrutural que não podem ser desconsiderados no processo de produção da cidade (MENDONÇA, 2004).

Analisando a respeito dos estudos de Mendonça, no que tange à urbanização, é inquestionável como os elementos da natureza foram cedendo espaço e, sendo

gradativamente, degradados, confinados, diminuídos, ou seja, desconsiderados como principais ícones de defesa de um ambiente urbano de forma mais equilibrada.

O desequilíbrio gerado pela combinação das características estruturais, oriundas dos fluxos que atuam no espaço urbano, mais a dinâmica atmosférica atuante e o ritmo climático, são responsáveis por muitas alterações, que são catalisadas na forma de um clima individualizado a cada cidade, que é percebido por tipos de tempos específicos, materializados como ilhas de calor, inversão térmica, mudança na direção e velocidade dos ventos, queda da umidade relativa do ar e aumento da concentração de precipitações, sendo que a magnitude desses efeitos depende diretamente das intervenções antropogênicas particulares a cada lugar (SILVA,2019).

Embora o clima urbano esteja todo dentro de uma escala local, a cidade e seus atores coexistem e contribuem para alterações climáticas devido às diversas particularidades nos mais variados ambientes urbanos, criando um conjunto de condições microclimáticas próprias que somadas são capazes de influenciar outros níveis escalares do clima (SANT'ANNA NETO, 2011).

Observamos a existência de ambientes urbanos diversificados em que se nota grandes áreas verdes, mas outros totalmente modificados pela ação humana que segundo Loboda (2005) constituem-se numa verdadeira “Selva de Pedra” que enclausuram a população em ambientes desfavoráveis. Ou mesmo, segundo Nucci (1996), se apresentam como um grande “adensamento urbano”, onde enormes arranha-céus, aglomerados, não produzem qualidade ambiental adequada, na maioria dos casos.

Esse desacordo entre cidade e elementos naturais conduz à análise de alterações significativas que, ao longo do tempo, foram agrupadas ao cotidiano das pessoas que, por absoluto desconhecimento, não relaciona tais fatos e, muitas vezes, não tem consciência de suas consequências. Neste sentido, Monteiro (2003, p. 51) manifesta-se:

Nos países desenvolvidos, a tomada de consciência do problema vai produzindo, lenta mas eficientemente, um conjunto de estratégias de combate. Em certas regiões em vias de desenvolvimento a poluição do ar, assim como o asfalto e os arranha-céus, chega ao irracionalismo de ser saudada como um inequívoco sinal e um ônus obrigatório ao progresso. Nos caso desses países, dever-se-ia pensar, antes, em aproveitar o retardamento para usufruir o exemplo do que aconteceu no primeiro e estabelecer um atalho que estabelecesse tão pesado ônus.

Essa configuração e mediante a esse agravamento dos problemas ambientais em outras partes do mundo desenvolvido, a comunidade científica brasileira valendo-se do privilégio da previsão, retorna para os estudos ambientais urbanos, passando estes a ter foco

multidisciplinar e assumindo uma maior relevância na área das pesquisas e preocupações entre cientistas, políticos, gestores e a sociedade em geral.

Os problemas manifestados como ilhas de calor, ilhas de frescor, desconforto térmico, estresse termal, inundações, ar seco, inversões térmicas, chuvas ácidas, poluição do ar, dentre outros, são derivados das alterações no clima urbano e causam forte impacto na qualidade de vida urbana, pois o cidadão fica exposto a essas intempéries (SILVA,2019).

Nas particularidades atmosféricas de um determinado lugar são influenciadas pelas condições reinantes no ambiente resultante da combinação de algumas grandezas físicas denominadas elementos climáticos. Tais condições são chamadas de tempo meteorológico, popularmente chamado de condições do tempo. “O clima seria a síntese, a generalização das diferentes condições de tempo prevalentes nesse lugar, e considera um número bem maior de dados, com a frequência de ocorrências de alguns fenômenos meteorológicos mais comuns no local, além das condições médias de tempo” (AYOADE, 2006).

É de grande importância entendermos que o clima urbano é constituído por um conjunto de interações entre os elementos e fatores que o compõem e os elementos constituintes do espaço geográfico, sofrendo principalmente a influência dos fatores antrópicos, que convivem ao mesmo tempo no mesmo espaço em um regime de trocas energéticas recíprocas e interdependentes.

Procurando buscar soluções para amenizar problemas causados pela urbanização acelerada pós revolução industrial, o clima urbano como foi citado nos parágrafos acima, muitas pessoas armazenam água da chuva para usar no cotidiano fazendo uso potável e não potável, porque sofrem com a falta de água em centros urbanos e zonas rurais, causadas por falta de planejamento dos gestores, os benefícios e vantagens para a captação e aproveitamento da água da chuva são muitos. Águas pluviais concebem uma opção de água com qualidade razoável para diversos usos, especialmente os usos considerados não potáveis, como lazer, lavagem de calçadas e veículos, construção civil e fins ornamentais.

Sendo assim, o aproveitamento colabora para a diminuição do volume consumido de água tratada, contribuindo na economia do sistema de tratamento e na conta de água do usuário, e também, a retenção de parte do volume precipitado contribui para o enfraquecimento do escoamento superficial amenizando a atenuar enchentes, principal causa de seu uso em grandes cidades como São Paulo, Goiânia, Curitiba e, recentemente, Porto Alegre, entre outras, por proporcionar um recurso atrativo para o problema da escassez a água da chuva tem sido analisada principalmente em relação a sua qualidade, (PRADO,2017).

Perante essas situações, a atenção tem sido dada à qualidade da água da chuva, pois várias atividades humanas são significantes fontes de emissões de elementos e compostos para a atmosfera, como a queima de combustíveis fósseis, emissões industriais, incineração de resíduos, agropecuária e minerações. Os compostos químicos gerados nas diferentes fontes citadas podem ser depositados no próprio local onde são gerados ou serem transportados por grandes distâncias como relatado por Monks et al. (2009).

Brunet (2001) afirma que com a captação da água da chuva em pequena ou grande escala, é possível diminuir o uso da demanda de água superficial ou subterrânea para irrigação. Cerca de 40% da água destinada à áreas urbanas são para fins de irrigação. Esta utilização é especialmente indicada para ambientes rurais, devido ao tamanho e área necessária para os reservatórios. Sistemas completos de coleta de águas pluviais, são capazes de fornecer água de acordo com a demanda total para uso doméstico:

Há muito tempo ouve-se falar que a água é um bem finito. Muitos a classificam como insumo do século, e afirmam ainda que ela será causa de conflitos internacionais em razão de sua disputa. Esse “insumo básico” de quase todos os processos industriais, a água é vital para a produção de alimentos e ao mesmo tempo para o crescimento da população, que por sua vez, vem demandando continuamente utilizando mananciais e os deixando cada vez mais poluídos e deteriorados. Além disso, novos mananciais, necessários para suprir essas demandas, encontram-se cada vez mais distantes dos centros consumidores. (MANCUSO; SANTOS, 2003).

Nas atividades econômicas do homem, o conceito de qualidade é invariavelmente associado ao uso de um bem ou serviço, o estabelecimento de padrões de qualidade, ou seja, características que definem um bem ou serviço que atende às necessidades do uso a que ele se destina, a adequação ao uso resulta da conformidade daquele bem ou serviço, e a aplicação desses conceitos ao caso da água e seus diversos usos levou à definição dos padrões de qualidade de água, a qualidade de “uma água” como uma porção limitada de água pode ser avaliada a partir da sua comparação com esses padrões. (MANCUSO; SANTOS, 2003).

Todos esses aspectos citados acima sobre a importância da água que é o componente principal na caracterização do habitat dos seres vivos de modo que a qualidade ou distribuição das chuvas é um dos elementos climáticos que contribuem na definição de vida de uma área ou região, e suas aplicações na interação antrópica, é importante considerar sobre o clima urbano, o processo de urbanização é bastante significativo em termos de modificação do clima na escala local. A materialidade física da cidade e as atividades dela decorrentes promovem alterações nos balanços energéticos, térmicos e hídrico resultantes, trazendo como

consequências modificações importantes nas propriedades físicas e químicas da atmosfera, proporcionando, assim, a criação de condições climáticas distintas das áreas não urbanizadas.

Assim sendo, as variáveis que se prevalecem nos climas urbanos, tais como ilha de calor, poluição atmosférica e inundações no espaço urbano, são analisadas, ao mesmo tempo, através de canais abertos, conforto térmico, qualidade do ar, qualidade da água da chuva, os quais determinam os subsistemas fundamentais ao sistema clima urbano (Termodinâmico, Físico-Químico e Hidrodinâmico) que atuam no complexo energético (Monteiro, 1976).

Com o elevado crescimento populacional e o desenvolvimento econômico observados nos últimos anos, a água vem se tornando um recurso cada vez mais precioso, porém escasso, disputado praticamente em todo o mundo (DIAS, 2006). De acordo com a Lei nº 9433/97 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, a água é um bem de domínio público, recurso natural limitado e dotado de valor econômico, sendo essencial à vida humana, ao desenvolvimento econômico e à preservação do meio ambiente.

No último século a demanda por água aumentou seis vezes, enquanto que a população cresceu apenas três, como consequência grave pode ser observada a redução da água para o consumo (TUCCI, 2002 apud PIZAIA et al., 2005). Ao precipitar a chuva leva consigo elementos presentes na atmosfera, os quais podem interferir na qualidade da água de chuva. Segundo Tomaz (2003), alguns fatores modificam as características da água de chuva, tais como, localização geográfica, presença de vegetação, presença de carga poluidora, condições meteorológicas, dentre outros.

Para que a qualidade da água não seja comprometida, os primeiros milímetros de chuva devem ser descartados no sistema de aproveitamento de águas pluviais. No caso dessa água ser captada a partir do telhado é aconselhável o descarte para que seja feita a limpeza do telhado devido à elevada concentração de poluentes e matéria orgânica encontrados no mesmo. (MAY, 2004; SIQUEIRA CAMPOS, 2004; TERRY, 2001 apud TOMAZ, 2003; TORDO, 2004).

Na região de Blumenau (SC), Tordo (2004) realizou estudos para avaliar a qualidade da água em três diferentes tipos de cobertura, quais sejam: fibrocimento, cerâmica e metálica; com relação aos parâmetros pH, alcalinidade total, cloretos, cor aparente, dureza total, ferro total, sílica, turbidez e coliformes, e cujos resultados mostraram que a concentração iônica da água é diferente em bairros diferentes, e se associam às atividades antrópicas locais (poluição industrial) e também à contribuição natural oceânica:

A água é usada na indústria em seu processo produtivo, por exemplo, como solvente em lavagens e em processos de resfriamento. Não existe um requisito de qualidade da água genérico para todas as indústrias, pois cada uso específico apresenta requisitos particulares. Indústrias que processam produtos farmacêuticos, alimentícios e de bebidas estão entre aquelas que precisam de qualidade elevada. Indústrias que utilizam a água para resfriamento devem usar água isenta de substâncias que causem o aparecimento de incrustações e corrosão nos condutos. Sendo assim, atividades relacionadas a prática da suinocultura como a lavagem e a manutenção dos estabelecimentos podem ser efetuados com água proporcionada de captação pluviométrica, pois não necessita de uma água de qualidade elevada, a qual diminuiria o uso de água potável naquele local. (BRAGA; SPENCER, 2004).

Philippi et al., (2006) ressalta que diversos fatores influenciam a qualidade da água da chuva e dentre estes se destacam: a localização geográfica da área de captação (proximidade do oceano, áreas urbanas ou rurais), a presença de vegetação, a presença de carga poluidora e a composição dos materiais que formam o sistema de captação e armazenamento (telhados, calhas e reservatório). As condições meteorológicas como intensidade, duração e tipo de chuva, o regime de ventos e a estação do ano também têm forte influência sobre as características das águas pluviais.

O acompanhamento de condições químicas de importância ambiental, presentes na atmosfera, é uma prática que tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, devido à crescente necessidade de se acompanhar o crescimento nos níveis de poluição encontrados nos centros urbanos, bem como evitar impactos negativos aos sistemas naturais (LEAL et al., 2004).

É importante salientar que as chuvas normais dissolvem o dióxido de carbono existente na atmosfera, estabelecendo um equilíbrio químico entre o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), a água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) e o ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). Como o próprio nome indica, o último composto faz com que a água das chuvas seja normalmente ácida, o que é indicada pelo seu índice pH igual e menor que 5,6. Entretanto a presença de componentes estranhos na atmosfera (principalmente óxidos de nitrogênio e de enxofre) pode ocasionar a dissolução desses compostos nas águas pluviais, que passarão a conter quantidade por vezes acentuada de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) e ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Essa presença leva o pH das águas pluviais a valores muito baixos, caracterizando-se mais um aspecto nocivo da poluição atmosférica: as chuvas ácidas.” (Tolentino, et al. 1999).

Com a queima de biomassa (material derivado de plantas ou animais) e as erupções vulcânicas são fontes naturais de poluição. As fontes antropogênicas surgiram a partir da Revolução Industrial, com novas formas de poluição do ar devido à queima de combustíveis fósseis pelos motores à combustão e pelas indústrias siderúrgicas, e, recentemente, pelos veículos automotivos, além de produtos químicos. Essa evolução não foi acompanhada de

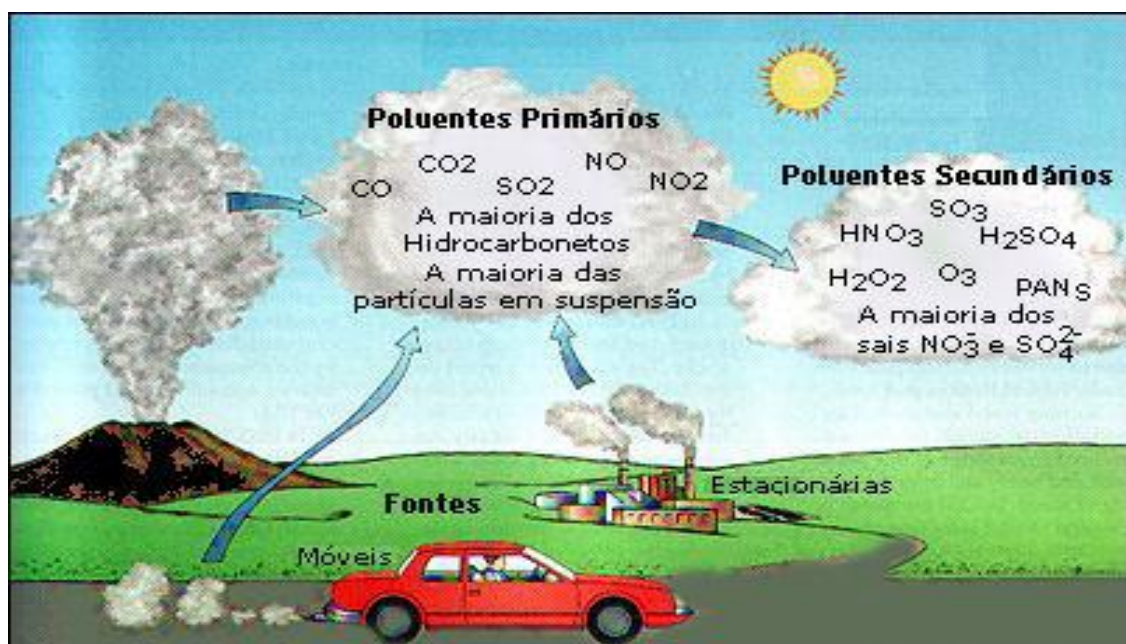
análises para avaliar seu impacto sobre o meio ambiente, a toxicidade de resíduos produzidos e os prováveis danos à saúde (CANÇADO et al., 2006).

Assim sendo quando o homem interage com o meio físico, produz resíduos que podem poluir o ar, a poluição atmosférica pode ser causada por fontes fixas ou fontes móveis, dependendo dos processos que liberam os poluentes no ar para o Instituto Ambiental do Paraná, IAP (2012, doc eletrônico), a poluição atmosférica pode ser classificada em:

- a) Fontes fixas: as indústrias são as fontes mais significativas, ou de maior potencial poluidor. Também se destacam as usinas termoelétricas, que utilizam carvão, óleo combustível ou gás, bem como os incineradores de resíduos, com elevado potencial poluidor. Existem ainda as fontes fixas naturais, como maresia e vulcanismo, que também podem influenciar a composição do ar;
- b) Fontes móveis: os veículos automotores, juntamente com os trens, aviões e embarcações marítimas são as chamadas fontes móveis de poluentes atmosféricos. Os veículos se destacam nas cidades como as principais fontes poluidoras e são divididos em: leves de passageiro (utilizam principalmente gasolina ou álcool como combustível); leves comerciais (utilizam gás natural veicular (GNV) ou óleo diesel); e veículos pesados (somente de óleo diesel).

De acordo com NETO; CARNEIRO; PEREIRA; GONÇALVES (2014), os poluentes podem ser divididos (Figura 1), de acordo com sua origem, em duas categorias: 1 - Poluentes primários: aqueles diretamente emitidos pelas fontes; 2- Poluentes secundários: aqueles formados na atmosfera através da reação química entre poluentes primários e os constituintes naturais da atmosfera (IAP, 2012, doc. eletrônico).

**Figura 01** - Fontes de poluentes atmosféricos.



**Fonte:** Agência Portuguesa do Ambiente (2012).

Tendo o destaque que as fontes fixas de poluição ambiental “são as que ocupam uma área relativamente limitada, permitindo uma avaliação direta na fonte. As fontes classificadas como fixas referem-se às atividades da indústria de transformação, mineração e produção de energia através de usinas termelétricas” (MMA, 2018, doc. eletrônico).

O Ministério do Meio Ambiente, (2018, doc. eletrônico) ainda pormenoriza que:

A localização geográfica, a topografia e as condições climáticas locais, principalmente no que diz respeito à constância, intensidade e direção dos ventos, são fatores importantes que podem influenciar na qualidade do ar. Além disso, podem interferir nos diagnósticos ambientais, principalmente àqueles efetuados a partir da percepção do observador, pois podem criar períodos de intensa poluição em áreas urbanas, tais como fenômenos climáticos como as inversões térmicas, influenciando diretamente nas condições que favoreçam a concentração ou a dispersão dos poluentes.

O MMA (2018, doc. eletrônico), desde o final da década de 1990, a regulamentação das emissões atmosféricas das fontes fixas tem gerado debates intensos no CONAMA, discussões que culminaram com a edição das Resoluções nº 382/2006 e 436/2011, que alinharam o país com o que há de mais avançado em termos de limites de emissão de poluentes, qualidade do ar e proteção do meio ambiente e da saúde das pessoas.

Barcellos et al. (2005, p. 4), afirma que a poluição do ar por fontes fixas, em que:

Os estudos da poluição atmosférica que são classificados de acordo com a sua natureza ou pela área que ocupam podendo ser divididos em duas ordens, em relação às fontes de emissão: as provenientes de fontes fixas e aquelas oriundas de fontes móveis. As fontes fixas são aquelas que ocupam uma área relativamente limitada, permitindo uma avaliação direta na fonte. As fontes móveis são as que se dispersam pela comunidade, não sendo possível a avaliação na base de fonte por fonte. As fontes classificadas como fixas aqui analisadas referem-se às atividades da indústria de transformação, mineração e produção de energia através de usinas termelétricas.

Sendo assim os principais problemas oriundos da mineração no Brasil podem ser dispostos em quatro categorias: poluição da água, poluição do ar, poluição sonora e subsidência do terreno (FARIAS,2002; BITAR, 1997).

Podemos salientar que essa problemática, tem-se aumentado nos últimos anos a preocupação com a poluição do ar. Recentes estudos epidemiológicos indicam que o material particulado suspenso na atmosfera está associado a riscos à saúde pública com o aumento da incidência de doenças respiratórias, cardiovasculares, neurológicas e câncer, especialmente em crianças e idosos, partículas suspensas no ar atmosférico, principalmente as de menor tamanho, podem ser inaladas até os alvéolos das vias inferiores dos pulmões, causando uma

série de problemas, uma vez que essas partículas contêm metais pesados que são responsáveis por inúmeros efeitos à saúde e ao meio ambiente (KIM, 2013; SHAH & SHAHEEN-NAZIR, 2012; VELLINGIRI, 2015).

Os ecossistemas também são alvo dos impactos da poluição atmosférica, uma vez que a deposição destes poluentes nas plantas pode levar à redução de sua capacidade de fotossíntese, atrasar o tempo de floração, dentre outros. Esse processo de poluição também pode acidificar as águas das chuvas contaminando os recursos hídricos, os biomas aquáticos e o solo (JACONIS, CULLEY & MEIER, 2016; SINGH, ELUMALAI & PAL, 2016).

Segundo o CONAMA (1990), poluentes atmosféricos são quaisquer substâncias presentes no ar que sofreram alterações de suas características físicas, químicas e biológicas normais da atmosfera, e podem se tornar impróprios, nocivos ou ofensivos à saúde quando em concentrações alteradas, podendo causar inconveniente ao bem estar público, e danos à flora e à fauna.

Vale destacar que a poluição atmosférica traz prejuízos a todas as regiões, grupos socioeconômicos e etários, porém, existem diferenças geográficas importantes no que se refere à exposição à poluição do ar. De acordo com o relatório publicado em 2016 pela OMS (Organização Mundial de Saúde), a África e a Ásia possuem níveis elevados de poluentes atmosféricos.

Os padrões de qualidade do ar no Brasil são estabelecidos através da Portaria Normativa do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA nº 348, de 14/03/90, vinculado ao Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. A Resolução CONAMA nº 003 de 28 de junho de 1990 descreve padrões para todo o território nacional, limites mínimos e máximos a que a população pode ficar exposta, de forma a proteger seu bem-estar, baseados em estudos de caracterização de poluentes e nos efeitos que causam à saúde. Sendo assim, de acordo com a resolução, se os padrões estabelecidos forem ultrapassados poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral (SOUSA,2018).

Evidencia-se o quanto é importante acompanhar a qualidade da água pluvial, a qualidade do ar que respiramos, conseqüentemente, realizar o monitoramento da poluição atmosférica e da água da chuva e sua caracterização, com o crescimento industrial e das áreas urbanas um aspecto importante na avaliação da relevância ambiental das partículas em suspensão e conseqüentemente a precipitação da água da chuva e a caracterização de espécies químicas tóxicas a elas associadas, mesmo que a legislação não determine o seu

monitoramento. Assim, está se torna uma informação relevante para tomada de decisão de gestores para possíveis precauções relacionadas à saúde das pessoas.

Vale destacar que ocorre uma variabilidade no tamanho e nas concentrações médias do material particulado, essas variações estão diretamente ligadas às condições meteorológicas. Condições essas que são parâmetros meteorológicos relacionados à formação e à dispersão de poluentes como: direção e velocidade dos ventos, pressão atmosférica, temperatura, umidade e precipitação (BARRY & CHORLEY, 2012).

Por conseguinte, os poluentes são dispersos pela velocidade e pela direção dos ventos, ressalte-se que o vento que se move no sentido horizontal consiste na movimentação do ar atmosférico. Sendo assim, a velocidade e a direção dos ventos afetam diretamente a concentração dos poluentes, além de informar a direção das massas de poluentes do ar. Outro fator é a topografia, pois a irregularidade natural e a artificial afetam a circulação do ar, gerando instabilidade e alteração na velocidade do vento (BRITO, 2005; VIEIRA, 2006).

Portanto a precipitação pluviométrica realiza uma limpeza dos poluentes existentes na atmosfera, fazendo o material particulado decantar e gases poluentes diluírem. Um estudo realizado por Comim (2012) revela que no período chuvoso as concentrações de particulados tenderam a diminuir, pois as chuvas ajudam a dispersar os poluentes e a decantar os particulados, resultando na diminuição da concentração.

Assim que a umidade é o vapor de água que é retido pelo ar através de ciclos evaporantes como a água, o solo, as plantas, a transpiração e a evapotranspiração. A umidade relativa do ar e a temperatura influenciam na concentração das partículas atmosféricas. Para Reinikainen e Jaakkola (2003), o aumento da umidade do ar e a diminuição da temperatura aliviam problemas nasais como congestão e ressecamento nasal.

Conforme Jardim (2011), a pressão atmosférica é o peso do ar sobre a superfície terrestre, sendo assim, trata-se da massa da atmosfera e a força gravitacional, que está sujeita a variações horárias, diárias e semanais.

Este tópico analisa a relação do clima e a chuva com a poluição atmosférica em áreas urbanas, e destaca a importância do recurso natural da água da chuva para combater a escassez hídrica, e o monitoramento da qualidade da água pluvial, com o aumento populacional observados nos últimos anos e a poluição atmosférica das cidades causadas por indústrias, veículos, entre outros, assim sendo a pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de mostrar a importância e qualidade através de análises físico química da água de chuva, sendo uma parte importante do ciclo hidrológico responsável por retomar a maior parte da água doce ao planeta.

## 1.2 – Climatologia Geográfica e Sistema Clima Urbano

A Geografia enquanto ciência que estuda a localização e distribuição dos fenômenos procura auxiliar o homem na identificação do seu meio, do seu habitat, de forma a que possa apropriar-se mais facilmente do seu espaço nas suas diferentes escalas, a ciência geográfica procura também, através do estudo da estrutura dos territórios e do espaço, identificar as suas condicionantes e potencialidades (físicas e humanas), de modo a poder orientar o homem na sua localização, das suas atividades econômicas, sociais, culturais, ambientais ou nas escolhas políticas.

A partir da revolução industrial ocorrida no século XVIII, o conhecimento geográfico toma grandes proporções devido à necessidade de se conhecer novos lugares para garantir recursos naturais e econômicos para o desenvolvimento de países europeus, neste sentido, a Geografia apresenta-se como um aparato instrumental e ideológico que ganha força e se fazendo estarem ao lado das demais ciências, fazendo menção a sua institucionalização ocorrida na Alemanha no fim do século XIX, que através das importantes contribuições Alexander Von Humboldt e Karl Ritter, a geografia pode se estabelecer sobre fundamentos científicos deixando então de ser meramente uma simples descrição do planeta para se tornar uma ciência baseada na investigação das relações entre natureza e sociedade.

Como o paradigma da ciência geográfica, desde o seu estabelecimento como disciplina acadêmica em meados do século XIX, segundo Roberto Lobato Corrêa (1995) está o determinismo ambiental, os teóricos deterministas, afirmavam que as condições naturais, dando maior ênfase as condições climáticas, eram responsáveis e decisivas para a evolução do homem que devido a condições climáticas favoráveis, poderiam se desenvolver de uma melhor maneira do que outras comunidades em condições não-favoráveis, para tal corrente do pensamento, as ações humanas eram determinadas pelas condições físicas do ambiente, ainda de acordo com Corrêa (1995), o geógrafo alemão Friedrich Ratzel foi o grande organizador e divulgador das ideias deterministas, nesta corrente, Ratzel trabalha com o conceito de “espaço vital” onde o homem tira do espaço o suficiente para sua sobrevivência e o que este espaço tem para oferecer, condiciona a vida do homem.

Ainda que a Geografia já existisse há muitos séculos, seu objeto e seus objetivos acham-se ainda parcialmente indeterminados e dá lugar à inúmeras discussões, essa ausência de um ponto de vista único quanto aos problemas é um entrave ao desenvolvimento de nossa Ciência, a interdependência das unidades consideradas foi tratada por Kalesnik (1958) em artigo que destaca o significado da geografia física como ciência de integração.

Podemos notar que o autor utiliza-se do conceito de "Landschaft-esfera" como objeto da geografia física:

Onde a referida integração é vista através das leis geográficas gerais da terra, ou leis da Landschaft-esfera, que são: 1) integridade, unidade da sua composição e da sua estrutura; 2) existência dos fenômenos circulares da matéria e energia; 3) presença do ritmo em seus fenômenos; 4) coexistência da estrutura da Landschaft-esfera de particularidades zonais e azonais; e 5) continuidade de sua evolução, cujo resultado é aludidos processos exógenos e endógenos (Kalesnik, 1958).

Pelo meio das leis que compõem a Landschaft-esfera destaca-se a interação de um sistema material único e integral. Tal acontecimento pode ser compreendido através da relação entre o clima e o relevo, o clima e a formação dos solos, o clima e mundo orgânico. Nesse sistema geral de relação, o homem está presente, desempenhando papel considerável no movimento circular das substâncias da terra.

Vale ressaltar que Kalesnik (1958), através da continuidade da evolução, que a "Landschaft-esfera se desenvolve pela força de suas contradições internas. As influências externas, como a radiação solar, criam as condições de seu desenvolvimento". Ou ainda, a origem e evolução dinâmica da Landschaft-esfera resulta do encontro de inúmeras tendências antagônicas que nela se acham unidas.

Assim sendo a Geografia e posteriormente a Climatologia Geográfica, possui valor imensurável dentro da formação, organização e das vivências do cotidiano da sociedade humana, como muito bem atenta-nos Monteiro:

Ora, a base de qualquer estudo sobre as condições presentes de um território e suas possibilidades no futuro, repousa, necessariamente na geografia, em cujo domínio ressalta a importância do "clima", elemento fundamental no estudo geográfico da produção (1951, p. 3).

Para Leite (2019), durante o desenvolvimento da Ciência Geográfica, o clima se caracterizou como um elemento definidor do espaço geográfico. Deste modo, inúmeras concepções dentro da temática homem/clima surgiram e fornecem uma ampla bibliografia.

Conforme a Organização Meteorológica Mundial (OMM), desde 1959, definiu o clima como sendo "o conjunto flutuante das condições atmosféricas, caracterizado pelos estados e evolução do tempo no curso de um período suficientemente longo para um domínio espacial determinado" (OMM,1959).

Segundo Nery (2011), na tentativa de melhor entender o clima surge um ramo da Geografia Física, a Climatologia, como ciência de síntese, aplicada a um determinado local, que implica no conhecimento dos estados da atmosfera e sua dinâmica. A Meteorologia, por

sua vez, procede à observação dos fenômenos ocorrentes e trata de explicá-los. Enquanto a Meteorologia é basicamente prospectiva, visando a previsão do tempo, a Climatologia é retrospectiva, subdividindo o clima em uma série de elementos e procurando entender suas variações através do estudo de suas causas determinantes, os fatores climáticos.

Gomes et al. (2006, p. 01) complementa dizendo que a geografia mostra as relações entre o homem e o meio, destacando o seu poder de modificação do espaço. Neste sentido o homem têm sido o principal modificador do meio ambiente, e essas consequências vêm afetando cada vez mais o relevo, a vegetação, o solo, e principalmente o clima.

Segundo Gomes et al. (2006) é justamente a climatologia, ramo da Geografia, que busca solucionar os diversos fenômenos climáticos que ocorrem na atmosfera. Dessa forma, a climatologia busca relacionar os impactos que os elementos climáticos causam na população humana, de modo a suavizar possíveis consequências na sociedade, já que esta é o principal responsável pela interferência direta na dinâmica climática. Assim conforme Luiz e Braga (2006, p. 01) a climatologia irá auxiliar os debates referentes às mudanças climáticas e as consequências ambientais, e sócio econômicos.

Como disciplina da Geografia Física, a climatologia geográfica assume um caráter holístico quando aglutina dados físicos e humanos indo além de instrumento que sintetiza integralmente os fenômenos atmosféricos, visto que, busca relacionar a interação desses com a superfície, de forma a revelar não só as características físicas do meio, mas também as formas de apropriação do solo, o qual é um reflexo dinâmico da materialidade da técnica das sociedades no espaço e ao longo do tempo (SILVA,2019).

Para um dos conceitos de clima que alicerçou os meios científicos mundiais no final do século XIX foi o de Julius Hann (1882, apud MONTEIRO, 1976, p. 6), que diz que clima é o “conjunto de fenômenos meteorológicos que caracterizam o estado médio da atmosfera sobre cada lugar da terra” que juntamente com a proposta metodológica de caracterização dos climas regionais de Köppen e os ensaios teóricos de Napier Shaw, em resumo, formavam a base de todo o conhecimento científico da climatologia e da meteorologia no Brasil até meados do século XX (SANT’ANNA NETO, 2004).

Com essa explicação concebe a ideia central da climatologia clássica, que tem suas bases apoiadas na Meteorologia Tradicional, que avalia os elementos climáticos ou atmosféricos de forma isolada, representando, dessa forma, o discurso climatológico individualizado, onde temperatura, pressão atmosférica, umidade, precipitações, vento, insolação, nebulosidade, dentre outros, são considerados separadamente (SILVA,2019).

Sendo essa visão fragmentada dos fenômenos, na climatologia tradicional, possui um caráter analítico-reducionista ao não considerar a interação e a interdependência entre os fenômenos, fazendo com que seja necessário investigar a integração entre eles (SARTORI, 2008).

Assim sendo Max Sorre (1955, p. 14), procurando uma evolução sistemática da proposta de Hann, expõe a sua definição de clima como o ambiente atmosférico resultado de uma série de estados da atmosfera (tipos de tempo) em uma sucessão habitual, analisados por meio da interação dos elementos climáticos associados à circulação atmosférica. Esse axioma, pela primeira vez, lança a ideia de ritmo sem, contudo, conectar esses elementos:

O ritmo, nos mais diversos sentidos, é movimento, mas na abordagem do clima, traduz-se como dinâmica climática, que se repete em intervalos regulares (estações do ano) ou não (eventos anômalos – disritmias), no conjunto fluente (atmosfera) e sua interação com outras esferas (biosfera, hidrosfera, antroposfera), a que chamamos de holorritmo (totalidade dos ritmos) (SETTE e TARIFA, 2002, p. 51).

Por consequência, pode expor que Sorre, a partir das décadas de 1940 e 1950, produz um caráter mais científico aos estudos climáticos que permitiram o surgimento de uma Climatologia comprometida com os propósitos da Geografia, a chamada Climatologia Geográfica.

Também sobre a conceituação de clima, Pédelaborde (1970, p. 19), contemporâneo de Sorre, diz que “clima, assim como o tempo, resulta da combinação de elementos, mas, neste caso, trata-se da combinação de tendências ‘dominantes’ e ‘permanentes’ dos elementos mais gerais da atmosfera sobre um lugar”. Observamos que embora essa definição não contemple a ideia de ritmo, tanto a de Pédelaborde quanto a de Sorre rompem com o entendimento do clima por meio das médias dos tipos de tempo (SILVA, 2019).

É notória a contribuição de Sorre para o avanço dos estudos sobre clima, o qual Sant’Anna Neto (2015, p. 45) explicita muito bem ao retratar que:

As novas perspectivas teóricas que se abriram através dos postulados de Max Sorre, no campo da Climatologia como Fenômeno Geográfico, possibilitaram toda uma revisão conceitual que, assumida por Pierre Pédelaborde, na França na década de 1950 e, no Brasil, por Carlos Augusto de F. Monteiro, na de 1960, cada um à sua maneira, propiciou uma verdadeira revolução paradigmática. As noções de dinâmica, gênese e ritmo passaram a constituir os fundamentos do entendimento do fenômeno atmosférico como categoria de análise geográfica, contrastando com as abordagens generalizadoras e de caráter regional.

Assim sendo, sob a tutela desse novo paradigma, destaca-se o pioneirismo do francês Pédelaborde que “se preocupava com a totalidade dos tipos de tempo” e do geógrafo

brasileiro Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro (1976, p. 22), para quem “Clima é a sucessão habitual dos tipos de tempo em determinado lugar” e “se interessava mais pelo mecanismo do encadeamento sequencial desses tipos, ou seja, pelo ritmo” tendo sua aplicabilidade muito importante nos estudos de clima urbano.

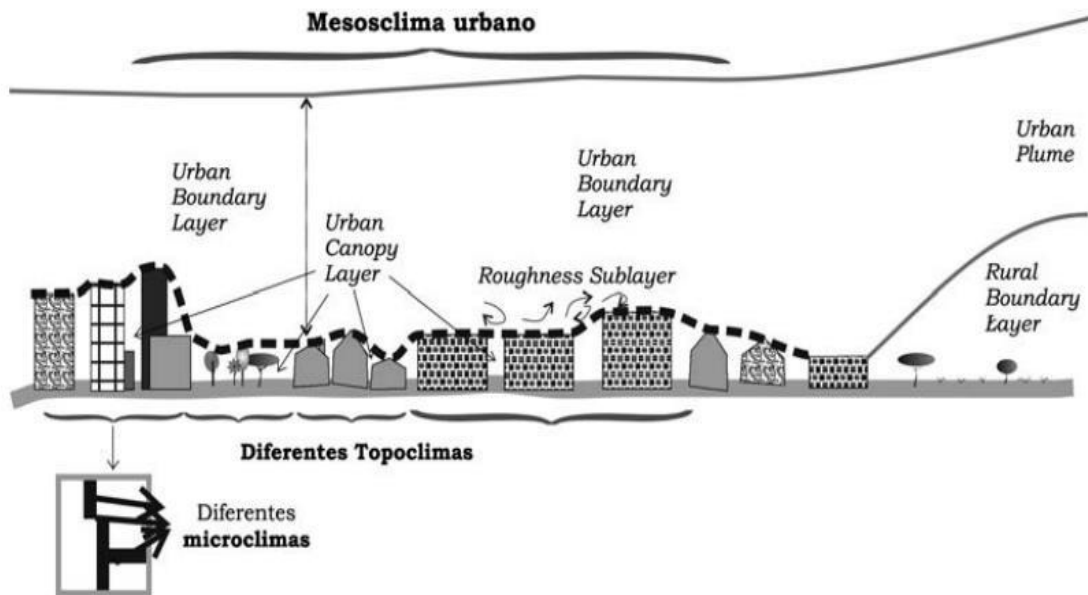
Sobretudo depois desse breve relato, dando continuidade à fundamentação da climatologia geográfica, é importante salientar que o estudo do clima envolve a análise de um conjunto de elementos e fatores. Aos elementos, atribui-se a qualidade de definir, de fornecer os componentes do clima e aos fatores a qualidade de condicionar, determinar e dar origem ao clima (ROMERO, 2000).

O professor Timothy Oke (1987) da University of British Columbia no Canadá chama a atenção para a necessidade de dispor de um corpo de conceitos e terminologias seguras para distinguir as categorias espaciais, pois os fenômenos atmosféricos são por natureza contínuos e, conseqüentemente, sua delimitação confusa.

A divisão vertical de Oke (2004) na figura 2 mostra que as alterações provocadas pela urbanização no clima dão origem a duas camadas atmosféricas, sendo elas: (a) a Urban Boundary Layer (UBL, camada de limite urbano) que é o limite superior da camada atmosférica de influência urbana, ou seja, envolve toda a cidade e a atmosfera por ela alterada e (b) a Urban Canopy Layer (UCL), que está sob a UBL e compreende a atmosfera intra urbana, sendo definida a partir dos processos microclimáticos. Se estende do solo até alguns metros acima do nível dos telhados, é produzida em função da variedade de edifícios e árvores, do tipo das coberturas, localizada nas ruas entre os edifícios e é, segundo Andrade (2005), fortemente afetada pelos fatores que a envolvem.

Sendo assim Silva (2019) descreve que ambas as camadas são fenômenos locais e suas características são produzidas pela forma como o processo de urbanização altera as propriedades da superfície, para estudos do clima urbano a camada de rugosidade coincide com a camada abaixo do nível das coberturas (UCL) dentro da qual as trocas são extremamente complexas. As condições térmicas nesta camada influenciam diretamente o conforto térmico do pedestre e o desempenho térmico e energético das edificações.

**Figura 02-** Estratificação vertical da atmosfera urbana (Oke)



Fonte: Oke (2004) apud Andrade, H. (2005). Org.: SILVA, S. A. (2018).

Também temos a publicação de Andrade (2003) sua classificação escalar, indicando dimensões típicas para cada uma das categorias, sem, portanto, adotar limites rígidos para essas dimensões:

**Microclima** – reflete a influência dos elementos urbanos individuais e dos seus arranjos mais elementares (edifícios e suas partes constituintes, ruas e praças, pequenos jardins), a dimensão típica pode ir até uma centena de metros.

**Clima Local** – Um clima local corresponde a um mosaico de microclimas, que se repetem com alguma regularidade (Oke, 1997 e 2004) e, idealmente corresponde a uma unidade “clima-topológica” (Alcoforado, 1999).

**Mesoclima** – corresponde à influência integrada da cidade (compreendendo vários climas locais), essencialmente o nível da Urban Boundary Layer.

Hoje em dia, a abordagem do clima urbano nas escalas espacial (horizontal e vertical) e temporal configura uma estrutura tridimensional de análise aceita tanto por geógrafos quanto por meteorologistas (SILVA,2019).

Sendo assim o clima urbano é formado por um conjunto de influência mútua entre os elementos e fatores que o compõem e os elementos constituintes do espaço geográfico, sofrendo principalmente a influência dos fatores antrópicos, que convivem ao mesmo tempo no mesmo espaço em um regime de trocas energéticas recíprocas e interdependentes.

Podemos avaliar as ações transformadoras socialmente produzidas, as cidades têm sido alvo das interferências humanas no decorrer dos tempos e essas modificações antrópicas acabam por criar um novo ambiente com características próprias que Sposito (2004, p. 11) traduz como:

A cidade de hoje, é o resultado cumulativo de todas as outras cidades de antes, transformadas, destruídas, reconstruídas, enfim produzidas pelas transformações sociais ocorridas através dos tempos, engendradas pelas relações que promovem estas transformações.

A rotina e qualidade de vida das pessoas é altamente afetada pelo comportamento climático e ambiental das cidades, especialmente dentro de um contexto de fragilidade e vulnerabilidade social frente à ocorrência de extremos, as cidades não devem ser pensadas apenas por meio de questões urbanas estruturais, mas sim discutidas através de questões socioambientais e urbano-ambientais, dentre as quais o clima, por ser um elemento de primeira ordem, desempenha papel imensurável na organização do espaço urbano.

Segundo Santos (1991), a urbanização criou em casa local um “meio geográfico artificial”, nos quais se desenvolve “um quadro de vida onde as condições ambientais são ultrajadas, com agravo a saúde física e mental das populações”.

Assim sendo Mendonça (1995), descreve que o clima constitui-se numa das dimensões do ambiente urbano e seu estudo tem oferecido importantes contribuições ao equacionamento da questão ambiental das cidades. O clima dessas áreas, ou clima urbano, é derivado da alteração da paisagem natural e da sua substituição por um ambiente construído, palco de intensas atividades humanas.

O mesmo autor faz uma análise do ambiente socialmente construído, o balanço de energia precedente sofre profundas mudanças, sendo que os elementos climáticos mais observados tem sido a temperatura e a umidade relativa do ar, ilha de calor, ilha de frescor, conforto/desconforto térmico, entre outros, os ventos diretamente ligados à dispersão da poluição e, nas cidades tropicais, a precipitação (inundações). As atividades socioeconômicas urbanas de maneira geral, são fatores da formação do clima urbano, sendo que a intensidade do adensamento humano e urbano e a localização geográfica da cidade desempenham forte influência em tal formação (Mendonça, 1995).

Sendo assim as cidades dos países não desenvolvidos, principalmente as das áreas tropicais, notadamente as de médio e de pequeno porte, só muito recentemente, começaram a despertar a atenção para a elaboração de estudos de seus ambientes climáticos. Metodologias específicas para esses estudos, tais como a proposta do Sistema Clima Urbano de Monteiro (1976) e a identificação de novos fatores como o papel da precipitação e a consequente umidade dos solos (Imamura-Bornstein, 1991), na formação do clima de tais localidades, têm

sido lançadas na perspectiva de contribuir para uma melhor compreensão dos graves problemas urbanos das cidades do mundo tropical.

Este último aspecto tem sido particularmente observado como influente na caracterização do clima urbano de cidades tropicais médias e pequenas, pois nessas localidades, a variação sazonal da precipitação é consideravelmente importante na determinação da atmosfera urbana (Mendonça, 1995).

Do mesmo modo que Monteiro (1976), a perspectiva adotada por esta pesquisa levou em consideração o processo de crescimento da cidade, associado ao estabelecimento desordenado das atividades econômicas e sociais, e atividades industriais e de mineração, acompanhadas de monitoramento da qualidade ambiental urbana através de aspectos de poluição atmosférica, pelo meio das análises físico química da qualidade da água pluvial em Catalão (GO).

### **1.3 Chuva e Qualidade Ambiental Urbana**

Neste tópico, faz-se necessário compreender a relação que o principal fenômeno atmosférico em análises climáticas, a chuva, mantém com o modo de vida e a infraestrutura das cidades. É conhecido que anualmente no Brasil inúmeros são os prejuízos causados pela chuva ácida levando a acidificação no ambiente urbano, e o excesso de acidez na chuva pode provocar a acidificação de lagos, principalmente aqueles de pequeno porte, acarretados, sobretudo pela baixa capacidade de resistência e de ajustamento da sociedade, e falta de organização e planejamento da população nas cidades.

A relação entre o clima e homem é muito relevante e pode-se observar que essa relação é vital, pois um transforma o outro. Nessa relação o homem transforma um determinado espaço geográfico, modificando a paisagem de maneira significativa, transformando-a definitivamente e provocando uma mudança na dinâmica atmosférica.

Para Viana (2006), o processo de urbanização popularizou-se a partir do final da Revolução Industrial, bem como teve sua intensificação no período pós Segunda Guerra Mundial e, gradativamente, se expandiu em decorrência do aumento das áreas urbanas. Entretanto, na maioria dos casos, tal expansão ocorreu de maneira desordenada, o que, conseqüentemente, dada interferência, incidiu em alterações atmosféricas, aumento das temperaturas e poluição atmosférica, inclusive no que se refere ao clima local.

Sob o tema tangente às alterações atmosféricas, com vistas ao aumento da temperatura, Lombardo (1985, p.23) menciona que:

O processo de urbanização alcançou proporções significativas de expressão espacial a partir dos meados do século XIX. Com a expansão das cidades, modifica-se substancialmente a paisagem natural. A grande concentração de áreas construídas, parques industriais, adensamento populacional, pavimentação asfáltica, associados à concentração de poluentes, criam condições para alterar o comportamento da baixa troposfera (camada limite), em ambientes urbanos.

A partir do entendimento da formação da atmosfera do clima presente nas áreas urbanas, tendo em vista a interferência das ações do homem, com vistas a urbanização, inter-relacionando, assim, o humano e o físico. Assim sendo, faz-se necessário compreender a relação que o principal fenômeno atmosférico em análises climáticas, a chuva, mantém com o modo de vida e a infraestrutura das cidades. É sabido que anualmente no Brasil inúmeros são os prejuízos causados pelas chuvas, acarretados, sobretudo pela baixa capacidade de resistência e de ajustamento da sociedade (LEITE, 2019).

Os elementos climáticos das chuvas interferem nas economias, na qualidade ambiental urbana, na saúde pública, na alimentação, na urbanização, enfim, em todos os processos da sociedade. Desta maneira, o conhecimento da sua variabilidade espacial e temporal é essencial para o planejamento das atividades humanas (SANT'ANNA NETO, 1998).

Conforme Nimer (1979), a precipitação é considerada um dos principais fenômenos naturais com grande potencial de alterar rapidamente a dinâmica da paisagem, e sua compreensão possui notória relevância dentro da construção do espaço geográfico.

Podemos definir a precipitação pela água proveniente do vapor de água da atmosfera depositada na superfície terrestre em forma de chuva, granizo, neve, geada ou orvalho. Embora, de acordo com Cuadrat e Pita (1997), de maneira geral, apenas a chuva e a neve, originárias das massas de ar, contribuem significativamente para os totais pluviométricos.

Nesse contexto, cabe mencionar que o clima urbano é a consequência das interações dos elementos que atingem o perímetro urbano, de forma a promover interferências no clima local. Ayoade (2010, p. 300) traz uma consideração relevante ao apontar que:

O maior impacto do homem sobre o clima acontece nas áreas urbanas. O homem tem exercido um impacto tão grande nessas áreas, que o clima urbano é bastante distinto, por suas características, do clima das áreas rurais circundantes. Nas áreas urbanas, altera-se a composição química da atmosfera. As propriedades térmicas e hidrológicas da superfície terrestre, assim como seus parâmetros aerodinâmicos são modificados pelos processos de urbanização e industrialização. Os pântanos são drenados e as superfícies naturais são substituídas por superfícies pavimentadas, ruas e telhados de prédios. Como resultado, a radiação em ondas longas e a de ondas curtas são reduzidas sobre as áreas urbanas. As temperaturas elevam-se, mesmo quando diminui a duração da insolação. A umidade é reduzida, mas há um certo

aumento na precipitação e também na quantidade de nebulosidade. Os nevoeiros e neblinas são mais espessos, ocorrendo com mais frequência e persistência, prejudicando a visibilidade. A turbulência cresce. Os ventos fortes são desacelerados e os ventos fracos são acelerados à medida que se movimentam nas áreas urbanas.

Assim sendo, torna-se prioritário o entendimento da dinâmica das chuvas no espaço urbano, para ajudar na compreensão da chuva ácida em ambientes de área urbana podendo alterar a composição química da atmosfera, com o aspecto de poder ter uma perspectiva de nortear investimentos públicos e/ou privados, buscando minimizar os impactos negativos de tais alterações no espaço urbano, no que se diz respeito ao planejamento de infraestrutura.

Segundo Mendes (2001, p. 5):

Planejar e dotar as cidades com infraestrutura completa para evitar problemas relacionados com as chuvas é uma tarefa extremamente difícil. Devido ao frequente fenômeno das inundações nos grandes centros urbanos, a causa deste fato está relacionada ao elevado índice de impermeabilização do solo urbano, resultante da expansão dos espaços construídos e da pavimentação maciça, que impede a infiltração da água precipitada para o lençol freático, aumentando o escoamento superficial e, conseqüentemente, o alagamento de ruas e casas nos locais de maior fluxo d'água.

Conforme observamos nos parágrafos acima, o entendimento tangente à distribuição e comportamento das chuvas no espaço urbano, faz-se necessário, uma vez que, mesmo diante da necessidade, ainda ocorre falta de planejamento e maiores pesquisas sobre o tema, principalmente, no que se refere a pequenas cidades, bem como, pela necessidade de tentar desvendar a possível existência de um padrão normal de distribuição das mesmas.

Assim sob esse o entendimento e, quanto à relevância de tal aspecto, Rodrigues afirma que:

As partículas lançadas na atmosfera pelos carros e indústrias propiciam o aumento da quantidade de nuvens e, conseqüentemente, de chuvas em razão dos núcleos de condensação. As cidades apresentam um alto índice de impermeabilização do solo, ou seja, a água das chuvas não penetra no solo devido ao asfalto e ao concreto das ruas, desse modo. [...] Assim, a água, ao atingir o solo, estando ele com cobertura vegetal natural, consegue penetrar facilmente até alcançar o ponto de saturação para, a partir de então, iniciar o escoamento superficial, o qual é definido como sendo o fluxo de água sobre a superfície do solo e/ou pelos seus múltiplos canais naturais ou artificiais. O asfalto e o concreto, comuns nos centros urbanos, não permitem esse ponto de saturação, simplesmente porque a água não consegue penetrar em sua superfície, podendo gerar as enxurradas (Rodrigues, 2006, p.46).

Nessa situação, cabe mencionar que os longos períodos de seca influenciam diretamente nos níveis dos reservatórios hídricos, o que acarreta em entraves no processo de abastecimento urbano, e também com a presença de parques industriais nas cidades podemos ter a poluição atmosférica.

Rodrigues e Castro (2008), por meio de uma rede de pluviômetros instalados na área urbana de Araguari (MG), analisaram que a estrutura espacial das chuvas é condicionada pelo deslocamento dos sistemas atmosféricos: a Frente Polar e as Linhas de Instabilidade Tropical, as quais, no decorrer dos meses possuem diferentes direções de deslocamento, e conduziam à distribuição diferenciada das chuvas nos diferentes pluviômetros. Aparentemente o eixo frontal descreve uma faixa de direção NW-SE (Noroeste-Sudeste), e seu avanço se dá para NE (Nordeste) com flexões, e os bairros com maiores alturas de chuva estão a NW-N-NE da cidade (Noroeste-Norte-Nordeste).

Para Conti (1998, p. 43) traz uma contribuição relevante ao mencionar que “o mecanismo do clima urbano pode ser entendido se a cidade for considerada um sistema aberto por onde circulam fluxos de energia, sofrendo processos de absorção, difusão e reflexão”.

De forma precisa, o Clima Urbano se refere diretamente tanto aos elementos relacionados à atmosfera, quanto aos que se atrelam à cidade e o fruto dessa interação entre os aspectos naturais e o que fora criado ou modificado pela ação do homem, dá origem ao ambiente urbano, o que, conforme Monteiro (1976) proporciona subsídios para o estudo do clima urbano, bem como emprego de técnicas de pesquisa.

Para Monteiro (1976, p. 121), o Sistema Clima Urbano:

Pressupõe um nível de resolução geral que é o próprio clima da cidade, mas admite também níveis de resolução intermediários que caracterizam os subsistemas nele contidos, estes são os níveis de resolução termodinâmica, hídrica e físico-química subjacentes ao processo climático da cidade.

Assim sendo na Teoria do Clima Urbano, destacam-se três subsistemas – Termodinâmico, Físico/Químico e Hidrometeorológico – os quais são adotados em estudos de clima urbano, no que tange a relação entre a cidade e a atmosfera urbana, haja vista a interferência e consequências de tal relação.

Assim, cada subsistema tem seus objetos de estudo, onde:

- a) Subsistema Termodinâmico: Tem como objeto os fenômenos relacionados ao conforto e desconforto térmico, ventilação, aumento de precipitações, ilhas térmicas urbanas, dentre outros.
- b) Subsistema Físico/Químico: Visibilidade, poluição presente no ar, dinâmica dos ventos (concentração e dispersão de poluentes) e chuvas ácidas.
- c) Subsistema Hidrométrico: Deslizamentos, pavimentação/impermeabilidade, inundações nas cidades e as interferências das precipitações nos centros urbanos.

A pesquisa sobre as análises físico-químicas da água da chuva da cidade de Catalão (GO) teve seu desenvolvimento levando em consideração a proposta de Monteiro (1976), com a teoria do sistema clima urbano tendo como base o subsistema Físico/Químico, para ajudar na compreensão do excesso de acidez na chuva podendo provocar a acidificação urbana, principalmente cidades que contam com forte presença de atividades de mineração e presença de sítios industriais.

Conforme Ayoade (1997) é nas áreas urbanas que o clima tem apresentado maior diferenciação, comparado ao clima presente nas áreas rurais. Logo, as cidades devem ser avaliadas, a fim da compreensão dos fatores climáticos uma vez que influenciam na qualidade de vida da população.

Sob esse aspecto, Amorim (2000, p. 309) menciona que:

Apesar de nos últimos anos as cidades, de maneira geral, corresponderem cada vez menos às necessidades de qualidade de vida e bem estar das pessoas que nelas vivem, continuam a ser o tipo de organização espacial onde se concentra a maioria das pessoas em escala mundial e, simplesmente por este motivo, já merecem atenção especial.

Conforme o exposto e, em virtude dos impactos atrelados à urbanização e suas consequências para a vida humana, no que tange à qualidade da água da chuva enfatizando a possibilidade de chuva ácida através de poluição atmosférica e inversão térmica, assim como a ocorrência do aumento gradativo das mudanças no ambiente urbano, surgiu à necessidade de maiores estudos, a fim da promoção de maior compreensão do que estava acontecendo, bem como para conter ou diminuir os impactos.

O Ministério do Meio Ambiente (MMA), apresenta uma de suas atividades estratégicas, a Agenda Nacional de Qualidade Ambiental Urbana, definida com o objetivo de melhorar os indicadores da boa qualidade ambiental nas cidades. Com foco na população residente nas grandes metrópoles, a Agenda Nacional orienta para políticas públicas urgentes, mais efetivas e eficientes, que integrem condutas nos diferentes níveis de tomadas de decisão.

Sendo assim, a poluição atmosférica representa o maior risco ambiental à saúde humana, de acordo com a OMS (2016), em 2012, aproximadamente três milhões de mortes foram atribuídas à poluição atmosférica externa (ao ar livre), e cerca de uma a cada nove mortes por ano é provocada pela poluição do ar.

Conforme Ogundele et al. (2017), os metais pesados representam cerca de 10% da massa de material particulado, são as toxinas mais antigas conhecidas pelos seres humanos, tendo potencial carcinogênico, bem como toxicidade direta. As fontes de metais pesados

incluem incêndios florestais, atividades de construção, demolição, mineração e processamento de minerais, atividades agrícolas, poeira soprada pelo vento e poeira de estrada e atividades de transporte relacionadas (SOUSA,2018).

Segundo Sousa (2018), a exposição crônica a metais pesados e metaloides, mesmo que em níveis baixos, pode causar efeitos adversos à saúde, como doença pulmonar, defeitos ósseos, cancro de pulmão, danos ao fígado, diminuição da função pulmonar, constrição das vias aéreas e dificuldades respiratórias. Estes efeitos adversos para a saúde têm sido associados a composições químicas e concentrações de material particulado, uma vez que esses metais não são degradáveis e podem se acumular nos tecidos e órgãos quando inalados ou ingeridos (CAO et al., 2015; MINGKUI; HAO, 2009).

Vale destacar que a primeira vez em que o termo chuva ácida apareceu na literatura climatológica, data do século XIX, precisamente, no ano de 1872, na obra elaborada por ROBERT ARGUS SMITH intitulada, *Air and rain: the beginnings of a Chemical Climatology*. O trabalho de SMITH obteve grande êxito, uma vez que o autor procurou estabelecer, pela primeira vez, uma relação entre o pH da chuva e a combustão do carvão numa determinada área industrial.

“A década de 60, estudos norte-americanos já mostrava que a água da chuva estava de 100 a 1000 vezes mais ácida no leste americano devido às emissões de óxidos de enxofre e também de nitrogênio por conta de termoelétricas. A ação humana no nosso planeta é assim a grande responsável por este fenômeno. As principais fontes humanas desses gases são as indústrias, as centrais termoelétricas e os veículos de transporte”. Baines (1992).

Baines (1992) descreve que até os anos 1960, a chuva ácida não era conhecida como uma ameaça séria para as florestas, a primeira evidência foi encontrada nos Sudetos, uma cadeia de montanhas entre Polônia e a Tchecoslováquia, importante na produção de madeira. Alguns pinheiros apresentavam ramos muito finos e outros estavam morrendo, em meados dos anos 1970 houve acentuado agravamento desses problemas, constatou-se que morriam lotes inteiros de árvores, enquanto outros sequer chegavam a se desenvolver.

Óden (1967), na Suécia, demonstrou a tendência temporária de acidez e uma maior concentração de cátions e ânions na precipitação em várias partes da Europa. Cowling (1982) em seu trabalho “*Acid precipitation in Historical Perspective*” apresenta resumo dos principais trabalhos sobre precipitação ácida e seus efeitos.

Ribeiro Filho (1979) foi um dos pesquisadores que deu início aos estudos sobre composição iônica e acidez das águas das chuvas na Bahia. Segundo Tolentino et al. (1999), às vezes, a precipitação de chuvas ocorre em regiões muito distantes daquelas que deram

origem aos compostos químicos que, expelidos para a atmosfera, geraram os ácidos responsáveis pelo fenômeno, as chuvas ácidas lavam as folhas dos vegetais e promovem a dissolução de nutrientes, ocasionando o enfraquecimento do vegetal. Ao se precipitarem, essas chuvas depositam ácidos no solo, tornando-o mais pobre e improdutivo.

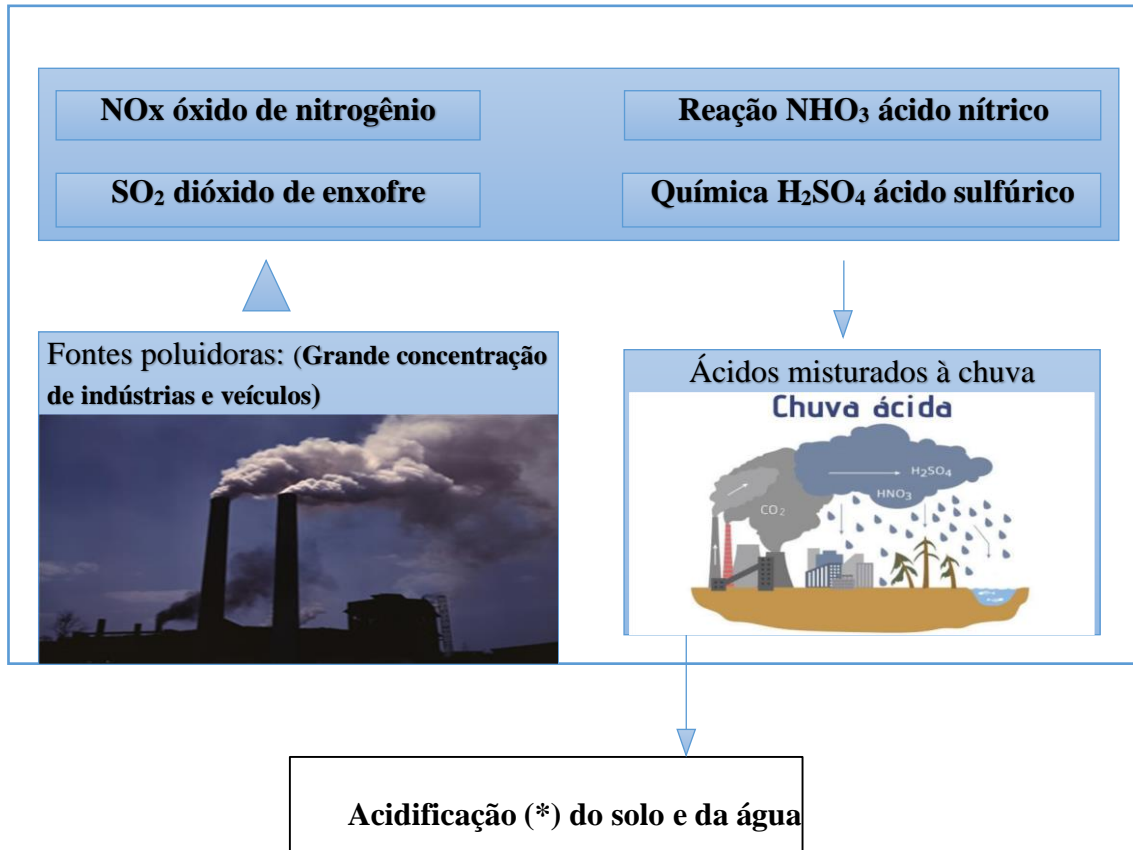
No Brasil existe carência de pesquisas direcionadas à chuva ácida, porém, deve-se ressaltar que foram de grande valia as contribuições realizadas por vários outros pesquisadores como Brown (1983), com estudo da acidez das chuvas na Floresta da Tijuca. Ferreira e Moreira (1984), que através do estudo sobre a composição das águas das chuvas em quatro pontos diferentes da cidade de Salvador (BA). Lisboa et.al. (1992), realizaram estudos sobre a qualidade das águas da chuva na cidade de Tubarão, em Santa Catarina, localizada em uma região carbonífera onde a emissão de enxofre é a principal causadora das chuvas ácidas.

Vale ressaltar que no Brasil a chuva ácida teve destaque no polo petroquímico de Cubatão (SP), que produz poluentes que são levados ao litoral norte (Ubatuba e Caraguatatuba) desencadeando sérios danos à Mata Atlântica onde as árvores morrem e as plantas acabam queimadas ou secando, na cidade de São Paulo, a chuva ácida danifica monumentos, estátuas e construções que ficam corroídas pelo ácido, (Tarifa, 1991).

O processo de urbanização de Cubatão (SP) foi, em grande parte, resultado de uma lógica que privilegiou a instalação destas indústrias, sem que houvesse preocupação com as consequências para o ambiente e a população que se estabelecia no município. Deste modo, todo o crescimento industrial e econômico do Município foi, paradoxalmente, um desastre social e ambiental durante décadas para a população local (HOGAN, 1988, 1993; CERQUEIRA, 2010).

As alterações climáticas observadas na atmosfera causadas pelas cidades podem ser explicadas por diversos fatores: excesso de poluição, variações nos índices de radiação, nebulosidade, precipitação, temperatura, umidade, velocidade dos ventos. Na Figura 03 são mostradas as reações na Atmosfera.

**Figura 03-** Reações atmosféricas de acidificações.



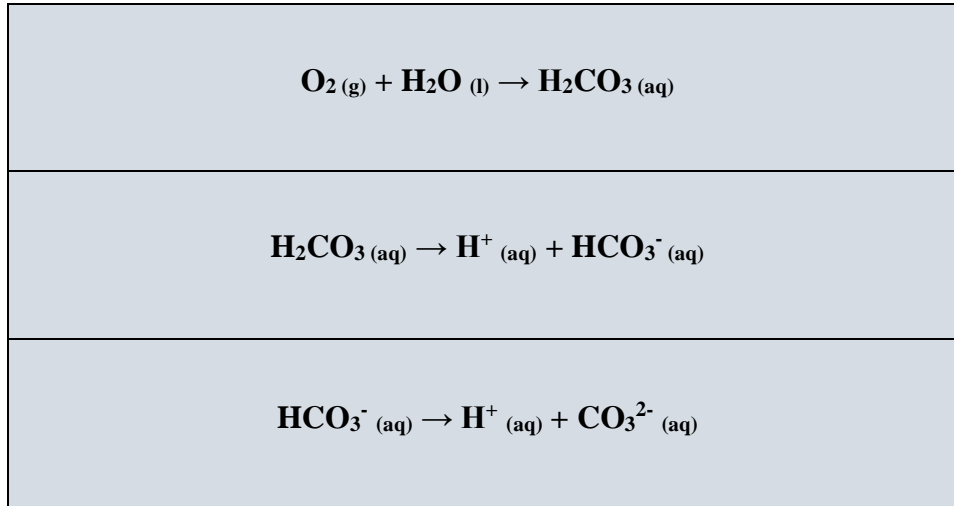
Fonte: Reações atmosféricas de acidificações. Jesus (1996).

A questão da acidificação vem aumentando cada vez mais nas últimas décadas, estabelecendo um problema de natureza ecológica em várias regiões onde tem grandes aglomerações urbanas ou centros industriais. Segundo as pesquisas realizadas pela Unesco (1964), as bacias fluviais e lacustres foram as primeiras a aparecerem como vítimas das chamadas chuvas ácidas, a razão disso deve-se ao fato de que o subsolo dessas áreas, formado a partir de minerais, como, granitos e rochas ricas em quartzo e gnaisses, não se desagregam com facilidade e praticamente não pode neutralizar o ácido que recebe das águas pluviais, tornando-o dessa forma mais vulnerável à acidez.

É importante entender o que é chuva ácida, e como é formada, para se dar legítima gravidade a esse problema que assombra cidades em crescimento industrial, seja ela pequena ou grande. Sendo assim temos que fazer uma reflexão, levantar algumas questões como, o que causa um excesso de acidez na água de chuva. Como a acidez da chuva poderia danificar o meio ambiente. Sabemos que o pH da água pura é 7,0, mas quando o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) presente na atmosfera se dissolve na água, ocorre a formação do ácido carbônico

(H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) e, portanto, o pH da água em equilíbrio com o CO<sub>2</sub> atmosférico é de 5,6. O quadro 01 ajuda a compreender a equação mostrando a formação e dissociação do ácido carbônico:

**Quadro 01:** Formação e dissociação do ácido carbônico.



Fonte: <http://www.usp.br/qambiental/>

Neste sentido, foi respondido que a chuva ácida é gerada segundo Brena (2002, p. 22) devido a queima de combustíveis fósseis, como o carvão e o petróleo, que gera o dióxidos de Enxofre (SO<sup>2</sup>), que é o maior causador da acidificação produzido nas fundições, fábricas e usinas termelétricas, refinarias de petróleo e os óxidos de Nitrogênio (NO e NO<sup>2</sup>) que é a segunda maior causa, são gerados através dos motores dos veículos e das combustões industriais, todos estes gases em contato com o vapor d'água na atmosfera transforma-se em ácidos sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e nítrico (HNO<sub>3</sub>). A luz solar aumenta a frequência destas reações. Porém as poluições atmosféricas provocadas por estas queimas não ficam no ar para sempre e voltam à superfície da terra sob a forma de chuva ácida.

Sendo assim o avanço da acidez na chuva acontece, sobretudo quando há um aumento na concentração de óxidos de Enxofre e Nitrogênio na atmosfera. Estes óxidos e o óxido de carbono são chamados de óxidos ácidos, porque em contato com a água (neste caso água de chuva) formam ácidos. “O nitrogênio gasoso (N<sub>2</sub>) e o oxigênio molecular (O<sub>2</sub>) da atmosfera podem reagir formando o monóxido de nitrogênio (NO). No entanto, esta reação não é espontânea, necessitando de muita energia para ocorrer. Por exemplo, durante a queima de combustível no motor do carro ou em fornos industriais a temperatura é muito elevada, fornecendo a energia necessária para que ocorra a formação do monóxido de nitrogênio de forma eficiente”. Brena (2002).

Para FIA et al., (2013) ao realizarem uma análise quantitativa da qualidade da água em Lavras (MG) concluíram que as águas de chuva apresentaram valores de pH médio entre 6,4 e 6,8, sendo os menores valores observados no centro da cidade, onde entre o final de setembro e início de outubro de 2010 foi obtido valor de pH igual 4,75, caracterizando a chuva como ácida. De forma geral, com base nas concentrações médias dos valores de pH, as chuvas incidentes na região não apresentaram riscos imediatos de acidificação ambiental. As concentrações de sulfato se aproximaram dos valores observados em regiões industrializadas e áreas de intensa atividade agrícola.

Souza et al. (2006) verificaram que o pH da água da chuva variou de 4,34 a 6,30 na Ilha Grande, localidade situada entre o município do Rio de Janeiro (100km) e o município de São Paulo (250 km), fazendo com que haja, segundo os autores, influência de poluentes atmosféricos gerados nestes grandes centros urbanos. Conceição et al. (2011) obtiveram para a região da bacia do Alto Sorocaba no estado de São Paulo, onde há intensa atividade agrícola, além de atividades minerárias e cimenteiras, valores de pH entre 5,1 e 6,9, sendo os maiores valores obtidos no período chuvoso.

Quando uma indústria emite gases e material particulado para a atmosfera, podemos ver que a fumaça "viaja" pelo ar. Desta forma, quando chover, esses contaminantes poderão ser depositados longe das fontes emissoras. Por meio do crescimento populacional observado nas últimas décadas, e a chegada de indústrias, advém a necessidade de buscar fontes alternativas para solucionar os problemas de poluição do ar verificados constantemente nas cidades.

A atual pesquisa tem a finalidade principal trazer informações sobre análises do pH da água da chuva e alguns aspectos de análise físico-química da água pluvial, buscando aspectos relativos a chuva ácida, focalizando seus efeitos em longo prazo, no espaço urbano de Catalão (GO), a partir de uma rede pluviométrica com 08 (oito) pluviômetros instalados na cidade, e uma estação convencional e outra automática, formando a rede pluviométrica.

Nesse sentido o conhecimento da composição físico-química da água da chuva será essencial para o entendimento e controle das atividades humanas sobre o meio ambiente e da qualidade da água de chuva em Catalão (GO) associada a poluentes.

Conforme a Lei n° 8.544, de 17 de outubro de 1978, dispõe sobre o sistema de prevenção e controle do meio ambiente para o Estado de Goiás. Esta Lei foi regulamentada pelo Decreto n° 1.745, em 06 de dezembro de 1979, porém, em 03 de dezembro de 2003 foi alterado pelo Decreto n° 5.871. A Tabela 01 ilustra os padrões de qualidade do ar estabelecidos para todo o território do Estado de Goiás.

**TABELA 01:** Padrões de qualidade do ar no Estado de Goiás.

<b>Poluente</b>	<b>Tempo de Amostragem</b>	<b>Concentração (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Método</b>
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	24 h	120	Amostrador de Grandes Volumes
	MGA*	40	
Óxido de Enxofre (SO)	24 h	200	Pararosanilina
	MGA*	60	
Monóxido de Carbono (CO)	1 h	40.000	Absorção de Radiação Infravermelha não Dispersiva
	8 h	10.000	
Oxidantes Fotoquímicos	1 h	120	Luminescência Química
	8 h	60	

\*MGA: Média Geométrica Anual

Fonte: Brasil (2003). Organização: Sousa (2018).

Segundo a legislação municipal os padrões de qualidade do ar em Catalão (GO) são conduzidos pela Lei nº 2.214, de 05 de agosto de 2004, chamada de Lei Ambiental que refere a limites para poluição atmosférica, sonora, hídrica, solo e em vias de logradouros públicos. Diante disso, temos a seguir na Tabela 02 os padrões referentes à poluição atmosférica que determinam limites máximos permissíveis de concentração de poluentes na atmosfera.

**TABELA 02:** Padrões de qualidade do ar na cidade de Catalão (GO).

<b>Poluente</b>	<b>Tempo de Amostragem</b>	<b>Concentração (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Método</b>
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	24 h	240	Amostrador de Grandes Volumes
	MGA*	80	
Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> )	24 h	365	Pararosanilina
	MAA**	80	
	1 h	40.000	Método de Absorção de

Monóxido de Carbono (CO)	8 h	10.000	Radiação Infravermelho não Dispersivo
Oxidantes Fotoquímicos	1 h	160	Método da Luminescência Química

---

\*MGA – Média Geométrica Anual  
 \*MAA – Média Aritmética Anual  
**Fonte:** Brasil (2004). Organização: Sousa (2018).

Como contribuição para a qualidade ambiental urbana, Sousa (2018), realizou um estudo do material particulado (MP10) em dois locais distintos na cidade de Catalão - Goiás, através do uso do Amostrador de Grande Volume para partículas de 10 µm, com posterior estudo de sua concentração, composição elementar e toxicidade.

Sendo assim, Sousa (2018), descreve que muitos estudos demonstraram uma estreita relação entre a poluição atmosférica pelo material particulado (MP10) e a deterioração da saúde humana, pois o material particulado pode conter uma variedade de componentes químicos e biológicos, além do seu tamanho influenciar diretamente na questão da saúde pública. Portanto, o conhecimento dos níveis de material particulado, bem como de sua composição, é importante para ações preventivas.

Para compreender melhor o que é o material particulado pode ser dividido em primário e secundário, sendo que as partículas primárias são formadas a partir de processos químicos e físicos, como ressuspensão de poeira de solo por ventos ou circulação de veículos, sal marinho, cinzas de combustão, erupções vulcânicas, enquanto as partículas secundárias são provenientes de atividades industriais e da queima de combustíveis fósseis (SOUSA,2018).

Portanto, o material particulado também é classificado pelo seu tamanho, o diâmetro aerodinâmico que varia de 0,001 a 100 µm, que, por sua vez, equivale ao diâmetro de uma esfera de densidade unitária com a mesma velocidade de sedimentação da partícula em estudo; essa propriedade regula o transporte da partícula no ar, bem como determina os efeitos sobre a saúde humana (WHO, 2005).

Segundo os órgãos que monitoram a qualidade do ar no Brasil classificam o material particulado em Partículas Totais em Suspensão (PTS) e em Partículas Inaláveis (MP10). As Partículas Totais em Suspensão (PTS) são aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é igual ou maior que 50 µm, parte dessas partículas são inaláveis e podem causar problemas à saúde e outra parte pode afetar a qualidade de vida da população, interferindo também nas condições

estéticas do ambiente (CONAMA, 1990).

Assim sendo, as Partículas Inaláveis (MP<sub>10</sub>) possuem diâmetro aerodinâmico igual ou menor que 10 µm, e ainda podem ser classificadas como: partículas inaláveis finas, que são aquelas iguais ou menores que 2,5 µm (MP<sub>2,5</sub>), e partículas inaláveis grossas, com frações entre 2,5 a 10 µm (CONAMA, 1990).

Diante desta problemática, Sousa (2018) realizou um estudo do material particulado na cidade de Catalão (GO) em dois lugares distintos, sendo: Regional Catalão da Universidade Federal de Goiás/UFG-RC e Centro; e para a coleta do MP<sub>10</sub> foi utilizado o equipamento AGV MP<sub>10</sub>. Foram estudadas 30 amostras coletadas entre agosto de 2017 e março de 2018, em períodos de 24 horas numa frequência de 6 dias. As concentrações do MP<sub>10</sub> de ambos os lugares não ultrapassaram o estabelecido de 150 µg/m<sup>3</sup> de MP<sub>10</sub> diário, conforme Resolução 003/90 do CONAMA. Porém, para a recomendação da OMS, que estabelece 50 µg/m<sup>3</sup>, houve extrapolação no período seco para as amostras do equipamento localizado no Centro da cidade.

Deste modo, o autora traz os resultados mostrando que a concentração do MP<sub>10</sub> para a cidade de Catalão (GO) está de acordo com a legislação brasileira, portanto, analisa-se uma boa qualidade do ar. Apesar disso, este material particulado é pequeno o suficiente para penetrar no organismo e ser prejudicial à saúde humana, pois o mesmo possui metais e microrganismos que podem ter o efeito acumulativo no organismo, mais detalhes sobre a análise físico-química e toxicidade do material particulado (MP<sub>10</sub>) no ar atmosférico de catalão (GO) em (SOUSA,2018).

O conhecimento da composição físico-química da água da chuva será essencial para o entendimento e controle das atividades humanas sobre o meio ambiente bem como promover uma contribuição da qualidade da água pluvial como ferramenta de identificação de possíveis poluentes no espaço urbano de Catalão (GO). Com tudo a linha de pensamento dos parágrafos acima a pesquisa foi desenvolvida no município de Catalão (GO), onde a cidade passou, nos últimos quarenta anos, por amplas mudanças geoeconômicas, que acrescentaram no desenvolvimento da população, no crescimento da malha urbana, em intensas transformações na produção e organização do espaço e, conseqüentemente, no surgimento de problemas sociais, econômicos e ambientais provocados pelo processo de expansão urbana e industrial.

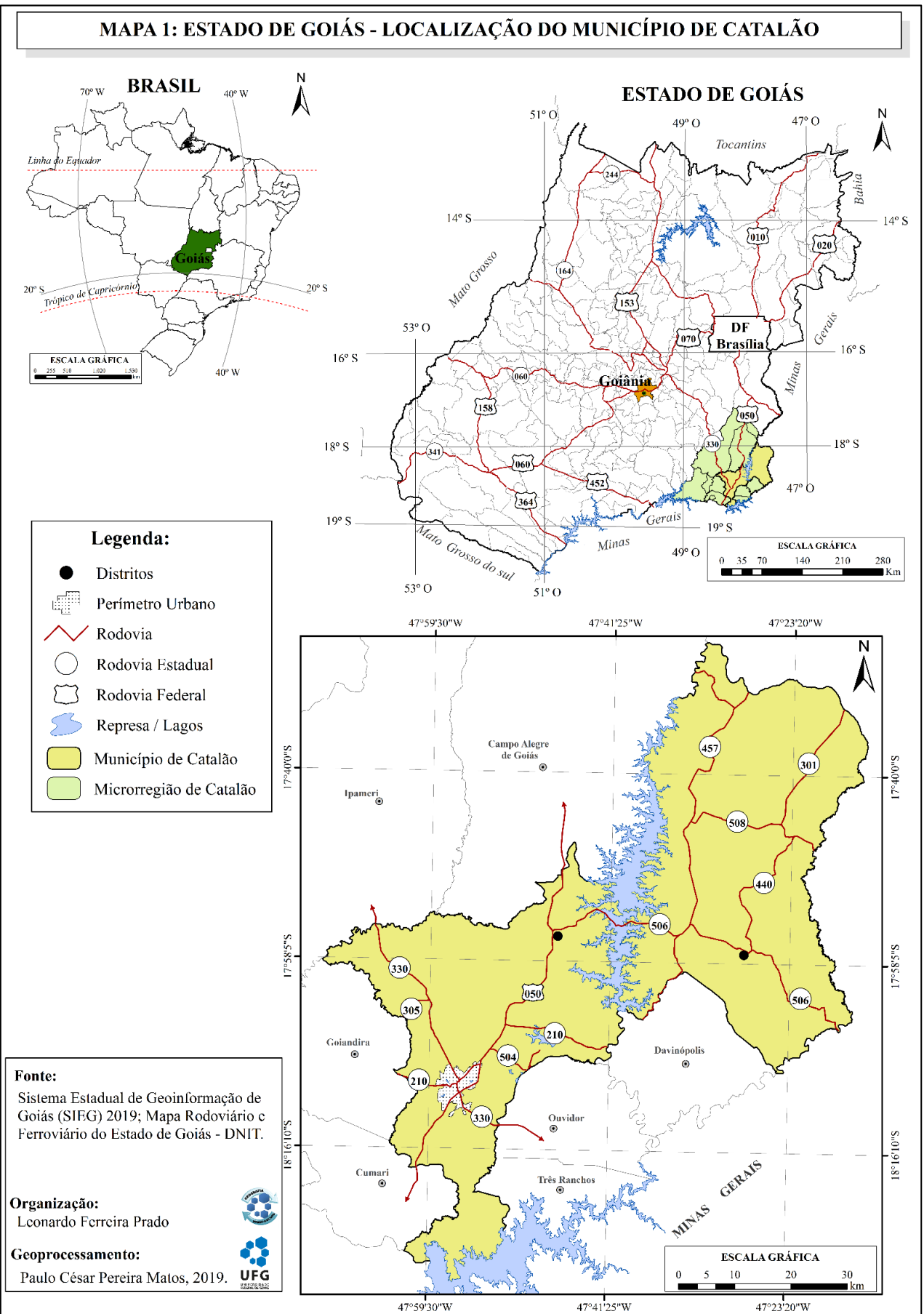
## **Capítulo 2- MATERIAIS E MÉTODO**

### **2.1- Localização e formação sócio espacial de Catalão (GO)**

Nesse capítulo será abordado a localização e formação sócio espacial de Catalão (GO) dando enfoque a chegada da industrialização do município de Catalão (GO), e também procurando analisar o elemento climático da precipitação pluvial, com a chegada das empresas pode existir uma poluição do ar e assim comprometendo a qualidade da água da chuva que é o objetivo principal da pesquisa. Esse capítulo da abordagem em relação a qualidade da água pluvial, que consisti em analisar o pH da água da chuva e análises físico-químicas que são estruturados através de uma rede pluviométrica instalada na Cidade.

Á área da pesquisa é a cidade de Catalão, é um município brasileiro do estado de Goiás, localiza-se à latitude  $18^{\circ} 9' 57''/S$  e longitude  $47^{\circ} 56' 47''/O$ , e à altitude de 835 metros, faz parte do Sudeste Goiano, Mesorregião Sul Goiana, sua população segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE,2019), é de 108.823 habitantes e seu PIB recenseado em 2008 é de mais de 4,348 bilhões de reais e o coloca como a terceira maior economia de Goiás naquele ano, possui área de aproximadamente 3.817,927 km<sup>2</sup>, também dá nome ao distrito sede do município (os outros dois são Pires Belo e Santo Antônio do Rio Verde) e a uma microrregião do Estado de Goiás, formada pelos municípios de Catalão, Ipameri, Ouvidor, Três Ranchos, Davinópolis, Goiandira, Cumari, Nova Aurora, Anhanguera e Corumbaíba.

Conforme Ferreira (2003) a área em estudo localiza-se no Planalto Central Goiano, uma extensa região com compartimentos escalonados, a área em questão encontra-se inserida sobre rochas Pré-Cambrianas, constituídas por metassedimentos do Grupo Araxá, dobradas e metamorfizadas pelos Ciclos Uruaçuanos e Brasileiro, configurando-se dentro da Faixa Brasília, a Microrregião de Catalão, localizada na porção sudeste do Estado de Goiás, é uma área de representatividade do bioma Cerrado, na qual se encontra um mosaico paisagístico característico deste bioma. Na microrregião existe representatividade do subsistema Vereda com suas particularidades e também das atividades responsáveis pela degradação ambiental do Cerrado. Conforme o mapa 1 é importante observar que a sua localização estratégica é favorecida pela pavimentação da BR-050 que passa pelo perímetro urbano, ligando grandes centros econômicos e de consumo tanto da região Centro-Oeste, a exemplo da capital federal (Brasília) e, também, importantes polos situados nas regiões norte, sul e sudeste do país. Merece destacar ainda a presença da GO-330 que liga o município à capital do estado de Goiás, Goiânia.



Pela sua localização, Catalão originou-se, conseqüentemente do movimento de interiorização realizado pelos bandeirantes em meados do século XVII, tendo, no início, a função de estalagem e como ponto de apoio para os que buscavam riquezas e índios pelo interior do país. Elevou-se à categoria de vila em 1833 e à de cidade em 1859, (RIBEIRO,2011).

Sendo assim, com a chegada da ferrovia proporcionou a dinamização da economia catalana e desencadeou o crescimento demográfico do município. Chaul (2002) pondera a importância de Catalão nesse período:

Este populoso e próspero município do Sul do Estado cultiva café, cana-de- açúcar, fumo, milho, mandioca, arroz, vinhas e fabrica vinho, aguardente, farinha de milho e de mandioca, queijos, manteiga, banha e charques. Possui charqueadas, engenhos de beneficiar arroz [...] (CHAUL, 2002, p. 109).

É importante destacar que a cidade de Catalão era a maior expressão de desenvolvimento comercial e produção agropecuária que o sul de Goiás tinha alcançado nas primeiras décadas do século XX. Esse desenvolvimento e esse principalmente em relação ao comércio da produção agrícola com a chegada da ferrovia foram, paulatinamente, crescendo. Segundo este estudioso da história de Goiás, o arroz passou a liderar a pauta das exportações do gênero, perdendo apenas para o gado, (RIBEIRO,2011).

Com o surgimento de pequenas cidades goianas oriundas de terrenos doados pelos fazendeiros às igrejas eram os locais onde as pessoas se reuniam aos domingos e “dias santos”, para fazer orações ou confraternização. E, também, onde se reuniam os comerciantes “volantes”, que se instalavam nos arredores das igrejas ou entroncamentos de estradas, para aproveitar o movimento e vender mercadorias, que não eram produzidas na zona rural, como tecidos, calçados, perfumes, chapéus e ferramentas, (NEIVA,2013).

Ainda segundo Lima (2003), a origem da cidade de Catalão está ligada a um tipo de povoamento muito comum no Estado de Goiás que deu origem a grande parte das cidades: o “Patrimônio” também chamado de “Rua” ou “Comércio”, onde:

A denominação “ruas” advém do fato destes locais terem semelhanças com a cidade, como sua disposição espacial, em forma de ruas, além das atividades ali exercidas (comércio, igreja, diversão) que as diferenciavam das atividades agrícolas. Esta é uma clara evidência da separação campo e cidade, ou melhor, uma das mais antigas formas de entendimento do que é rural e urbano. (LIMA, 2003, p. 38)

Entre alguns fatores que foram de grande importância para o crescimento econômico da cidade foram à construção de Goiânia (1937) e a de Brasília (1960) e a implantação da

Rodovia BR- 050, interligando a cidade com grandes centros brasileiros. Depois da a construção de Brasília, o que mais contribuiu para mudar o perfil urbano foram os chamados Programas Nacionais de Desenvolvimento (PND) implementados pelos governos militares, após 1964. Tais programas contavam com o interesse e com a ajuda de fundos e instituições econômicas internacionais que viabilizavam a possibilidade de implantação de grandes projetos agroindustriais na região.

## **2.2 -Aspectos históricos e urbano-industriais de Catalão (GO)**

Para nos ajudar na reflexão da história do surgimento de Catalão (GO), Neiva (2013), pondera que a cidade está ligada ao mesmo processo de formação de cidades goianas, que no século XVIII, tiveram início como diversos lugarejo decorrente dos garimpos de ouro. Porém, diferentemente das cidades que surgiram desses garimpos, originárias do chamado “primeiro povoamento”, o mesmo não podemos dizer de Catalão, que durante as entradas das bandeiras foi somente local de passagem destas, visto que ouro não havia ali.

Segundo Arrais (2004, p. 73), o estado de Goiás recebeu um fluxo populacional bastante grande a partir do final do século XIX, impulsionado pela disponibilidade de terras para a criação de gado e para a agricultura no sul do estado.

Em Goiás, a construção de ferrovias e rodovias é exemplo da rapidez e da rentabilidade com que os investimentos fixos ocuparam o território, com uma malha urbana ainda frágil, composta de pequenas cidades, ao mesmo tempo em que eram construídas rodovias e ferrovias, ao longo delas cresciam e/ou surgiam núcleos urbanos, o impacto foi grande e essa urbanização acarretou uma concentração de população carente nas cidades, a principal característica da urbanização em Goiás é o crescimento das taxas de ocupação da mão-de-obra assalariada devido ao crescimento das atividades urbanas de prestação de serviços (saúde, educação) e industriais, (RIBEIRO, 2011).

Outro fator que contribuiu para o aumento do fluxo populacional foi a construção da nova capital do estado, a cidade de Goiânia em 1937.

Segundo Chaveiro (2001):

O invólucro político mediante o qual a nova capital do estado de Goiás foi construída [...] da política territorial do Estado Novo com a política local da oligarquia goiana, intensificando ainda [...] ambigüidade, [...] são forças tradicionais, agrárias, remanescentes do coronelismo que propunham e protagonizavam a modernização do território pela criação da cidade e, conseqüentemente, definido a mudança da capital da antiga Goiás para a novíssima Goiânia. (CHAVEIRO, 2001, p. 46).

Vale destacar que a construção de Goiânia, além de ter contribuído para ampliar o fluxo populacional e o crescimento econômico do estado de Goiás, alterou também o contexto político existente até então, a principal ação do programa Marcha para o Oeste no estado de Goiás foi a transferência e construção da capital, de Goiás Velho para Goiânia. A construção da cidade planejada de Goiânia reforçou o processo de interiorização da economia brasileira e gerou um surto de desenvolvimento local, com fluxos migratórios de diversas regiões do país e a constituição de um centro sócio econômico no eixo Goiânia-Anápolis (SILVA, 1997, p. 40).

Ponderando o município de Catalão (GO) vale destacar que o urbano como espaço fragmentado, mas articulado, caracterizado pela justaposição de diferentes paisagens e usos e cuja unidade é mantida através das relações entre as diversas partes. A organização espacial urbana, dada pelos diversos fragmentos que compõem uma cidade, fica evidente nos diferentes usos que se dá a cada parte, entre as quais destaca; centro da cidade, com suas atividades comerciais, de serviço e gestão; a zona periférica ao centro; áreas industriais; áreas residenciais, distintas quanto à forma e ao conteúdo; áreas de lazer; além de áreas submetidas à especulação para futura expansão, Ribeiro (2011).

Segundo Marques (2016), iniciou-se a lenda para o crescimento local do município de Catalão (GO), foi a chegada dos trilhos do trem de ferro no Estado de Goiás, Conforme Rodriguez (2011) para o desenvolvimento tanto econômico quanto regional, a Estrada de Ferro tem o dever de prover para o Estado de Goiás condições de transporte ferroviário, que visa incorporá-lo ao restante do território brasileiro:

Para Goiás, a presença da Estrada de Ferro em seu solo é também o resultado de um grande esforço feito por alguns representantes da classe política e intelectual da região. Todavia, é preciso assinalar que a ferrovia cortava o cerrado goiano em função dos interesses do sistema capitalista de produção, ou seja, ela nasceu de fora para dentro do estado. (RODRIGUEZ, 2011, p.70)

A chegada dos trilhos de ferro no início do século de XX no município de Catalão teve seu primeiro grande marco, a estrada de ferro, que foi de grande auxílio para a cidade ter acesso à comunicação, transporte, despache e recebimento de cargas vindas de diversos outros grandes polos econômicos do País. Bem após, a este fator, vale lembrar que a construção de Brasília veio antes, o município de Catalão ganhou outro forte aliado na busca de desenvolvimento que foi a construção de Brasília e a BR-050, já que a BR-050 é uma rodovia Federal que inicia em no Distrito Federal ou Brasília e se estende por diversos outros Estados

do Brasil, como Goiás que é onde localiza-se o município de Catalão, Minas Gerais e São Paulo. Sendo considerada uma das rodovias com o maior fluxo de movimentação do país, uma vez que, liga a capital do Brasil com a maior metrópole brasileira, a cidade de São Paulo, Marques (2016).

Depois da implantação da BR-050, com a descoberta de minerais como Nióbio e Fosfato, mas nos dias atuais também são extraídos minerais como Vermiculita, e também Terras Raras o município de Catalão passou a receber empresas do ramo de mineração, de acordo com SILVA (2002) as três empresas que chegaram ao município nos anos de 70 e 80 são Goiásfertil, Copebrás e a Mineração Catalão.

Sendo assim, Lima (2003), descreve que Catalão passou de uma economia eminentemente agropastoril até meados da década de 1970, para uma economia baseada principalmente na exploração mineral e modernização agrícola, realizada por grandes empresas com uso de tecnologias avançadas e investimentos de capital, responsáveis pela mudança em seu perfil e de toda a microrregião, que aos poucos foi se fragmentando até chegar à disposição atual. O aumento acelerado da população urbana, o crescimento horizontal da cidade, o crescimento do setor terciário, o aumento da demanda por infraestrutura, são fatores impulsionados pelas empresas mineradoras, visto que isso passa a ocorrer justamente a partir da implantação dessas empresas na região.

É importante destacar que a cidade de Catalão (GO) passou por um estágio de atração de migrantes que, numericamente, passaram a ser proporcionalmente significativos em relação pela população nascida no município. Isto tem sido motivado pela expansão das indústrias mineradoras, a implantação de montadoras de veículos e colheitadeiras e pelos empregos da agricultura mecanizada, bem como por funcionários públicos federais e estaduais que vieram trabalhar nas agências instaladas no município ou para por pessoas que vieram estudar. Em 2000, 55,9% do total de migrantes residindo no município eram procedentes de Goiás, enquanto os migrantes procedentes de outros Estados passaram a corresponder a 15,8% do total da população, (RIBEIRO, 2011).

Assim sendo, segundo dados do IBGE (Censo, 2010), entre 2000 e 2010, Catalão teve um crescimento populacional de 34%, superando outros municípios do mesmo porte no estado de Goiás como Itumbiara e Novo Gama, entre outros com um crescimento bem inferior. Os fatores responsáveis por esse crescimento são as novas indústrias instaladas e os serviços. Catalão possui uma taxa de 94% de urbanização, considerada alta, acima da média brasileira que é de 84% (Censo, 2010). Observa-se a tabela 03.

**Tabela 03:** População urbana e rural do Município de Catalão entre 1980 e 2010.

ANOS	POPULAÇÃO URBANA	POPULAÇÃO RURAL
1980	30.695	8.473
1991	47.123	7.363
2000	57.560	6.730
2010	81.064	5.583

**Fonte:** IBGE Censos –1980/1991/2000/2010. Org. RIBEIRO, L. J., 2011.

Assim sendo segundo Ribeiro (2011), as transformações ocorridas em Catalão, tanto crescimento populacional como as novas atividades econômicas, levaram a novas relações territoriais: a cidade passou a controlar diretamente o território em que está inserida, transformando a região, fazendo com que as cidades a sua volta passassem a ser verdadeiros satélites em torno da economia catalana, também a cidade passou a comandar de forma efetiva as ações ocorridas nas relações cidade e campo na medida em que refletiu, na zona urbana, o resultado das mudanças do capitalismo no Brasil.

É a partir desse período, que se iniciaram as grandes transformações no espaço urbano do município e em seu entorno, no chamado Complexo Mineral Catalão (GO), Ouvidor (GO), limitando o Domo Alcalino de Catalão como ponto dos limites administrativos entre as mineradoras, os municípios de Catalão e Ouvidor, uma área que possui 35% das reservas brasileiras de Fosfato, uma das três reservas mundiais de Nióbio, além de Terras Raras e Titânio, (NEIVA,2013).

Segundo, PEDROSA ET AL (2005), a criação do Distrito Mineiro Industrial de Catalão (DIMIC), uma área destinada à instalação de indústrias minero químicas, foi criada conforme demandas das indústrias mineradoras instaladas no município, com o objetivo de atender as demandas exigidas pelo processo de verticalização das empresas mineradoras, bem como abrigar diversas outras atividades industriais (indústria de transformação e outras) que pudessem se instalar atraídas pelo pólo minero químico e pelas vantagens existentes.

De acordo com Ribeiro (2011), o Plano Diretor do Município de Catalão (2004) contempla a infraestrutura necessária para o setor industrial. Conforme o Artigo 4º desse plano diretor, política econômica relativamente às atividades industriais, a instalação do Distrito Mineiro-Industrial de Catalão (DIMIC), a partir da década de 1980, foram um esforço do governo estadual para o fomento à industrialização; esses distritos se proliferaram pelo

estado, sustentando campanhas políticas eleitorais. Ao mesmo tempo, foram criados programas de incentivos fiscais e financeiros. O primeiro chamou-se FOMENTAR que, depois foi substituído pelo segundo, PRODUZIR.

Esse processo industrial da cidade de Catalão (GO) foi estimulado pela política do estado de Goiás com a Federação das Indústrias do Estado de Goiás (FIEG) é a entidade de representação das indústrias do estado de Goiás. Sedia-se na cidade de Goiânia, fundada em 16 de dezembro de 1950 por cinco sindicatos, a Federação das Indústrias do Estado de Goiás foi instalada, oficialmente, em 1 de maio de 1952. Com a criação da FIEG, logo também se instalaram os departamentos regionais do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) e do Serviço Social da Indústria (SESI).

Podemos observar que o fortalecimento do Setor Mineral Goiano vem a ser prioridade fundamental da Federação das Indústrias de Goiás, passando sobretudo pelo engajamento total do Estado a fim de oferecer todas as condições básicas e preponderantes para que as empresas privadas, interessadas a investir em Goiás, disponham da mais completa segurança e liberdade a fim de prover os tão esperados investimentos vitais e necessários, visando principalmente incrementar o desenvolvimento de uma atividade econômica primordial e fundamental no sentido de alavancar sobremaneira o desenvolvimento econômico do nosso Estado, alicerçado fundamentalmente na geração de milhares e milhares de empregos diretos e indiretos (PETROF, 2018).

Segundo Marques (2016), estas empresas impactam de forma direta e também indiretamente tanto na economia do município quanto no aspecto social dos cidadãos, com a instalação e iniciação dos serviços, estas mineradoras trazem consigo uma série de fatores negativos como a degradação do meio ambiente, a desapropriação de moradores do campo, dentre outros e também fatores positivos como por exemplo o surgimento de postos de trabalho, a qualificação e melhoria de vida de quem mora na cidade, e o aumento da economia tanto municipal quanto estadual.

A mineração e a indústria impulsionam a cidade de Catalão (GO), as imensas jazidas de titânio, nióbio e fosfato abertas no solo da cidade são um reflexo do avanço da nova fronteira do agronegócio brasileiro, podemos observar na figura abaixo a jazida de nióbio da Copebrás, da mineradora britânica Anglo American em Catalão, a cidade de 90 mil habitantes viu seu PIB (Produto Interno Bruto) crescer 478% em dez anos até 2010, no período, o valor do PIB per capita saltou para R\$ 45,8 mil, superior ao de São Paulo 39,5 mil, o desempenho se deve à indústria, responsável por metade do PIB de R\$ 3,97 bilhões em 2010, e pela

extração mineral, esses setores, por sua vez, são movidos pelas demandas da agricultura, (MARSSON,2013).

**Figura 4:** Jazidas de nióbio da Copebrás da mineradora Anglo American, Catalão (GO).



**Fonte:** SILVA, Edson. 2013. EdsonSilva/Folhapress.

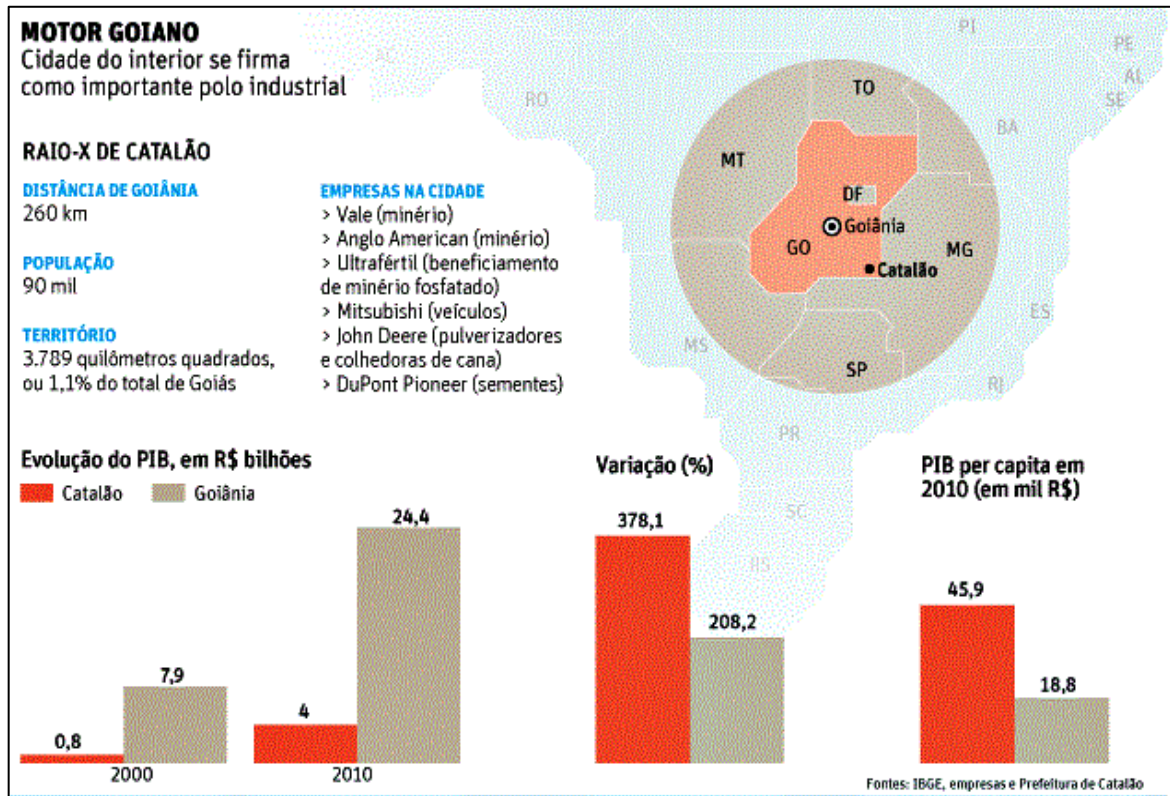
Ribeiro (2011), destaca que a cidade de Catalão passou, nos últimos quarenta anos, por grandes transformações geoeconômicas, que culminaram no incremento da população, no crescimento da malha urbana, em intensas transformações na produção e organização do espaço e, conseqüentemente, no surgimento de problemas sociais, econômicos e ambientais provocados pelo processo de expansão.

A Vale S.A possui um complexo focado na extração mineral e na produção de compostos químicos na cidade de Catalão (GO), com área de 2.600 hectares, emprega 1.500 profissionais e tem capacidade para produzir 1 milhão de toneladas de rocha fosfática ao ano, a localização do município, a 100 Km de Uberlândia (MG) e 260 Km de Goiânia (GO), ajuda a escoar a produção. A localização é estratégica, pois no Centro-Oeste é produzida a maior parte dos grãos do país, já o concentrado feito pela Vale em Catalão segue via ferrovia até o porto de Paranaguá (PR) ou é escoado por minerodutos, (MARSSON,2013).

Com a construção de Brasília ao lado a BR-050 e também a vinda das mineradoras, o último fato marcante para o desenvolvimento do município de Catalão (GO) foi a implantação de duas grandes fábricas de veículos automotores cujas marcas são Mitsubishi Motors (MMCB) e John Deere, (Marques, 2016).

Assim sendo, Catalão (GO) se firmou como polo industrial, a oferta de mão de obra abastece os fornecedores de máquinas e equipamentos, são cerca de 50 empresas instaladas no distrito industrial da cidade, conforme podemos observar na figura 5 abaixo.

**Figura 5:** Polo industrial de Catalão (GO).



Fonte: MASSON, Stela. 2013.

Conforme foi discutido nos parágrafos anteriores o crescimento do município de Catalão (GO), foi de forma acelerada nos últimos anos e sem planejamento urbano e ambiental adequado, para uma melhor qualidade de vida e ambiental, acompanhando todo esse crescimento que a cidade obteve com a instalação de indústrias a expansão da urbanização em Catalão, a cidade cresceu de forma desordenada nos últimos anos. Este processo de urbanização causou mudanças profundas no espaço, que vão desde a impermeabilização do solo à degradação da vegetação original (Cerrado), qualidade do Ar e da água pluvial, entre outros. Segundo Chaves (2003):

O nível de exploração a que foi submetido o cerrado deixa, com relação à proteção dos ecossistemas, pouca margem de atuação da legislação ambiental. Deve ser levada em consideração, entretanto, a ampla margem de atuação da lei no que concerne à conservação das formações vegetais nativas ainda existentes, no desenvolvimento de programas e projetos de pesquisas florestais e na promoção de recuperação de áreas degradadas (CHAVES, 2003, p. 120).

A relação entre o clima e homem é muito relevante e pode-se observar que essa relação é vital, pois um transforma o outro. Nessa relação o homem transforma um determinado espaço geográfico, modificando a paisagem de maneira significativa, transformando-a definitivamente e provocando uma mudança na dinâmica atmosférica.

Podemos analisar há predominância de vegetação de cerrado, característico do geossistema dos planaltos aplainados do Brasil Central. Os tipos fisionômicos da região de cerrados são: mata de galeria ou ciliar, mata mesofítica ou subcaducifólia de encosta, mata de várzea, cerradão, campo sujo ou cerradinho, campo limpo ou hidromórfico e vereda. Como o domínio morfoclimático do Cerrado é um espaço territorial marcadamente planáltico, seus solos geralmente são ácidos e pobres, possui um nível alto de alumínio e poucos nutrientes, acarretando a diminuição de desenvolvimento das plantas, mas pode possuir condições topográficas e climáticas favoráveis em alguns locais (AB' SABER, 2003).

Olgay (1963) analisa que os elementos climáticos que mais afetam o conforto humano são: a temperatura, a radiação e os ventos, tratando de forma particular os efeitos da umidade, da precipitação pluvial e da pressão de vapor. Diferentes autores têm exposto as diferenças microclimáticas promovidas nas cidades pelo processo de urbanização (LOWRY, 1967; LOMBARDO, 1985; OKE, 1996; UNGER, 1995; PITTON, 1997), mostrando que as variáveis urbanísticas de uso e ocupação do solo determinam os microclimas dos espaços urbanos a eles associados.

Diversos estudos, geográficos e climatológicos, dedicaram-se a verificar a influência da urbanização nas variáveis climatológicas, tentando compreender como o ambiente construído induz alterações nos seguintes subsistemas: termodinâmico (conforto térmico), químico (qualidade do ar) e hidrometeorológico (meteoros de impacto), Monteiro (1976) apud Dumke (2007).

O incremento da migração de capitais, do uso de tecnologias, da expansão da fronteira agrícola e do contingente populacional que tem ocorrido no Estado de Goiás nas últimas décadas, provocou um grande aumento da demanda hídrica, tanto superficial como subterrânea, trazendo como consequência uma menor disponibilidade per capita das águas e de outros recursos que dela dependem. Em vista disto, conhecer os elementos climáticos, definidos como grandezas que quantificam o clima, ao longo dos anos, como por exemplo, a radiação solar, a temperatura do ar, a precipitação pluvial, o fotoperíodo, dentre outras, que exercem grande influência regional, é de suma importância.

A respeito do clima região Centro-Oeste do Brasil, Nimer (1989) afirma que esse é caracterizado por invernos secos e verões chuvosos. O tempo seco no meio do ano juliano

(inverno) tem sua origem na estabilidade gerada pela influência do anticiclone subtropical do Atlântico Sul e de pequenas dorsais que se formam sobre a parte continental sul americana. O período de chuva está associado ao deslocamento para sul da Zona de Convergência Intertropical (ZCI, também conhecida como CIT), acompanhando a marcha 42 aparente do sol em direção ao Trópico de Capricórnio. Sobre a porção central da América do Sul a CIT avança mais para sul do que nas regiões costeiras gerando instabilidade em todo o Brasil central nos meses de verão. Em função da influência da massa de ar tropical marítima e equatorial, as temperaturas são elevadas durante todo o ano. No inverno, quando a CIT está deslocada para norte, a região apresenta baixa ou nenhuma precipitação, Cardoso e Marcuzzo, (2014).

Sobre o clima, Catalão caracteriza-se como tropical de altitude, com duas estações bem definidas, uma seca, que normalmente vai de maio a setembro, e uma chuvosa, que vai de outubro a abril. A pluviosidade média é de aproximadamente 1.500 mm.

Em síntese, as Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) e Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) tem atuação na cidade de Catalão, esses sistemas atmosféricos proporciona uma redução nas temperaturas máxima e mínima, assim como uma queda de pressão atmosférica e um aumento da umidade mínima do ar, podemos notar essas informações no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, (CPTEC/INPE).

### **2.3 – Análise das Precipitações em Catalão (GO)**

Conforme Silva, Santana, Pelegrini (2006), ressalta que podemos definir a precipitação como qualquer depósito em forma líquida ou sólida proveniente da atmosfera, incluindo a chuva, granizo, neblina dentre outros. A precipitação pluvial é medida com um instrumental denominado de pluviômetro, normalmente, expressa em milímetros. Por exemplo, uma precipitação pluvial de 2 mm corresponde a um volume de 2 litros de água numa superfície de 1 m<sup>2</sup>. A água é o componente principal na caracterização do habitat dos seres vivos de modo que a quantidade ou distribuição das chuvas é um dos elementos climáticos que contribuem na definição de vida de uma área ou região.

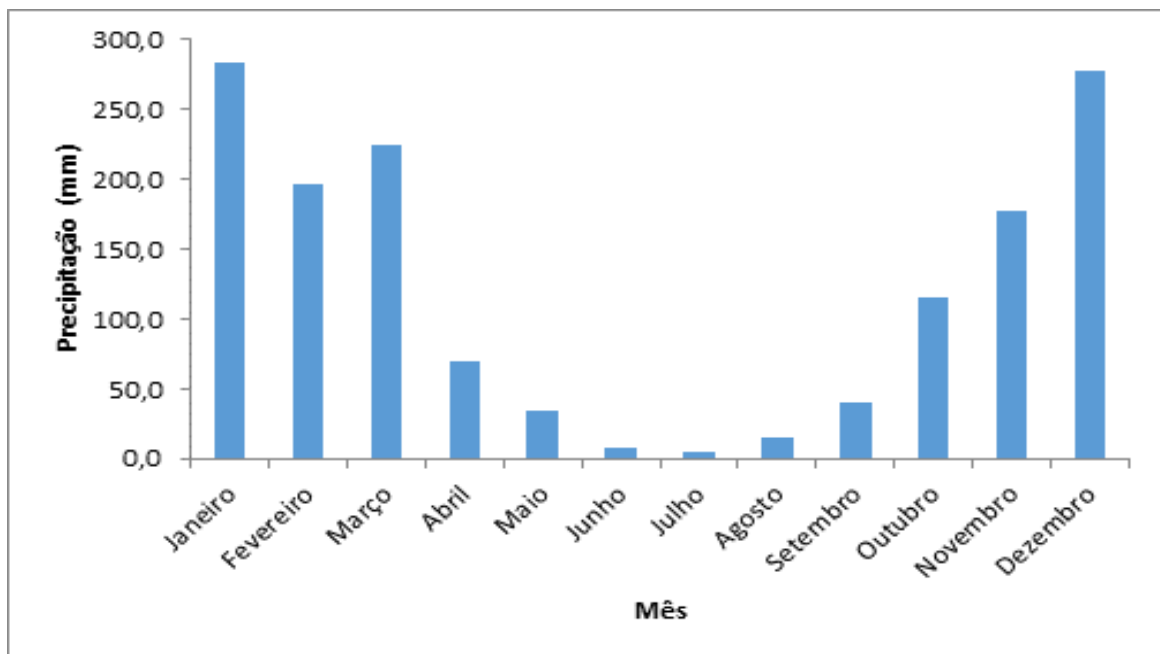
Assim sendo salienta-se que a precipitação é a variável meteorológica que influencia diretamente no balanço hídrico de uma região, podendo-se por meio dela determinar o excesso ou escassez de chuvas de uma área específica, sendo essencial na constituição do clima de uma determinada extensão territorial, agindo principalmente sobre o balanço de água no solo, na temperatura e umidade do ar (SILVA et al., 2003).

Catalão (GO) apresenta temperatura média anual em torno de 22°C, e a precipitação apresenta uma grande variabilidade temporal, principalmente na escala de tempo interanual. A figura 06 ilustra a distribuição dos totais mensais no município de Catalão, no período de 1981-2010 de acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017).

Podemos analisar que a menor ocorrência de chuvas no município foi registrada em junho e julho, com apenas 10,0 e 10,3 mm de média, respectivamente, ao passo que o maior valor foi registrado em dezembro com total médio de 283,5 mm, ressaltando alta variabilidade que pode ser observada no período seco e chuvoso. Deve-se destacar a precipitação anual do período analisado considerando a média de 1.484,8 mm. Mais detalhes sobre a caracterização climática na região Sudeste de Goiás podem ser encontrados em Rodrigues et al. (2009; 2012).

A figura 06 ilustra a distribuição dos totais mensais no município de Catalão, no período de 1981-2010 de acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018). Em Catalão as chuvas mais significativas iniciam-se em setembro de cada ano e estendem-se até o início de abril do ano seguinte como mostra a figura 06.

**Figura 6:** Normais Climatológicas 1981-2010 na cidade de Catalão (GO).



Fonte - (INMET – Normais Climatológicas 1981-2010)

Sendo assim a distribuição do total mensal das chuvas indica que grande parte da precipitação ocorre no verão as quais compreendem os meses de (dezembro, janeiro e fevereiro) enquanto no inverno (julho, junho e agosto); é a estação com menor altura de

precipitação como pode ser observado na figura, mais detalhes sobre a caracterização climática na região Sudeste de Goiás podem ser encontrados em Rodrigues et al. (2009 e 2012).

Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), desde 1961 a temperatura mínima absoluta registrada em Catalão foi de 2,8 °C nos dias 9 de junho de 1985 e 26 de junho de 1994, e a maior atingiu 38,6 °C em 31 de janeiro de 1996. O maior acumulado de precipitação em 24 horas foi 132,4 mm (milímetros) em 26 de janeiro de 1970. Outros grandes acumulados foram 116,9 mm em 20 de dezembro de 1963, 111,7 mm em 11 de janeiro de 1964, 106,9 mm em 13 de janeiro de 1966, 104,6 mm em 2 de março de 2013, 104,5 mm em 27 de dezembro de 1986 e 100,2 mm em 29 de janeiro de 1985. O menor índice de umidade relativa do ar foi registrado em setembro de 2011, nas tardes dos dias 2 e 6 daquele mês.

De acordo com Rodrigues (2020), a cidade de Catalão (GO) terminou o mês de janeiro 2020 registrando recordes históricos de precipitação. O primeiro foi na madrugada de 29/01/2020 com 146 mm, destacando como o maior volume de chuva em 24 horas, em 59 anos de medições. O segundo foi em relação ao valor mensal de 507 mm, ou seja, choveu 79% acima da média histórica, sendo o maior valor contabilizado nos últimos 37 anos. Os recordes históricos foram nos anos de 1964 e 1983, sendo respectivamente, 514,7mm e 509,2 mm. Destacaram-se ainda os valores de chuvas diários nos dias 04, 10, 22 e 25 com os respectivos valores de 42,4mm, 35,0 mm, 68,7 mm e 59,3 mm, (INMET/CIMEHGO).

Conforme Silva (2017), Destaca-se que as informações da rede pluviométrica instalada no espaço urbano de Catalão, a partir dos dados coletados, podem ser espacializadas de forma a proporcionar uma importante ferramenta no contexto de distribuição das chuvas, especialmente para caracterização e aplicação de medidas, no que tange ao acompanhamento da variabilidade climática interanual, visto que os mesmos apresentam uma variação temporal, contínua ou descontínua devido a uma relação direta com a dinâmica climática associada às condições do tempo, apresentando valores médios sequenciais numa escala predeterminada, os quais definem as condições climáticas de um determinado local.

O estudo realizado por Silva (2017) sobre a análise da dinâmica espaço-temporal do regime pluviométrico no espaço urbano de Catalão (GO), nos ajuda a compreender que para o período de 1961 a 2015, tendo como referência os valores adquiridos na Estação Meteorológica Convencional do Pio Gomes (INMET), foi possível observar que para o mês de Janeiro, existe uma tendência normal de aumento dos volumes precipitados, assim como para os meses de Maio, Setembro, Outubro e Dezembro, assim sendo, levando em

consideração os resultados encontrados pelo autor, é possível dizer que a estação chuvosa para a região do recorte espacial em questão tende a aumentar, no que se diz respeito ao volume total precipitado.

Ainda segundo Silva (2017) elaborou em sua pesquisa a apresentação da série histórica mensal de 1961 a 2015, conforme o quadro 02, para fins de análise do comportamento da distribuição de chuvas, a série temporal apresentou uma tendência de aumento do volume precipitado para a região, mais informações vide Silva (2017).

Conforme Silva (2017), quanto os meses de Junho, Julho e Agosto, levando em conta os resultados obtidos na mesma série histórica, se pode afirmar uma tendência de manutenção dos volumes precipitados para a mesma área. Com relação à estação chuvosa 2015-2016, destaca-se que os meses de Setembro e Novembro de 2015 assim como Janeiro de Fevereiro de 2016 apresentaram aumento do volume dos índices pluviométricos para a cidade de Catalão, vez que os volumes precipitados coletados foram maiores que o volume médio histórico de precipitação, registrado entre os anos de 1961 e 2015.

Sendo assim, o conhecimento da sucessão de anos secos e chuvosos, suas anomalias e seus padrões temporais são de extrema relevância para a tomada de decisão quanto ao uso do espaço geográfico, pois com o auxílio da rede pluviométrica instalada na cidade é possível compreender a qualidade da água pluvial e a dinâmica das chuvas, (SILVA, 2017).

Para nos auxiliar no estudo da escala mesoclimática é importante salientar a interação entre a energia disponível para o processo de evaporação e de geração de campos de pressão e as feições do meio terrestre. A mesoclimatologia está “preocupada com o estudo do clima em áreas relativamente pequenas, entre 10 a 100 quilômetros de largura, por exemplo, o estudo do clima urbano e dos sistemas climáticos locais severos tais como tornados e temporais” (AYOADE, 2006).

Em síntese, as informações dos dados diários, mensal e anual de precipitação auxiliaram no dimensionamento de projetos de irrigação, construções de barragens, na melhoria do planejamento de sistemas de manejos culturais, bem como no uso eficiente dos recursos hídricos, assim sendo aliado a compreensão da dinâmica da precipitação do município, nesse sentido o conhecimento da composição físico-química da água da chuva será essencial para o entendimento e controle das atividades humanas sobre o meio ambiente e da qualidade da água de chuva em Catalão (GO) associada a poluentes.

## 2.4 – Instalação e coleta dos dados na rede pluviométrica de Catalão (GO)

A rede pluviométrica instalada na malha urbana da cidade de Catalão (GO) teve como objetivo principal a coleta da água da chuva para análise físico-química, com o intuito de promover o monitoramento da qualidade desta água e a realização de acompanhamento das distribuições dos totais pluviométricos da cidade. O trabalho de campo foi usado como um instrumento de análise do espaço geográfico para o planejamento e desenvolvimento da pesquisa. Sendo assim, coletamos informações diretamente no local da área que foi sendo pesquisada e realizamos a percepção do local e da sua interação com o restante da cidade.

Para o desenvolvimento da pesquisa foram instalados oito pluviômetros do tipo Ville de Paris, o modelo é o de uso mais tradicional e generalizado do Brasil. “Consiste em um aro circular de captação com 400 cm<sup>2</sup>, dotado de um cone coletor, encimando um recipiente com capacidade de acumulação de cerca de 5 litros. Que representa 125 mm de altura da chuva captada. O corpo é construído em chapa de aço inoxidável, com 630 mm de comprimento. O aro é construído em latão, com a borda torneada em bisel. Todas as peças são unidas por meio de juntas grafadas e vedadas a solda e estanho. Acompanha um par de braçadeiras para fixação do pluviômetro à estaca”<sup>1</sup>.

Os pluviômetros foram adquiridos por meio de parceria firmada entre a UFG/RC - Universidade Federal de Goiás, Regional Catalão - a Unidade Acadêmica Especial Instituto de Geografia da UFG/RC e a Superintendência de Água e Esgoto (SAE) do referido Município, e foram destinados exclusivamente à pesquisa referente à precipitação e coleta da água da chuva para análise físico química na malha urbana de Catalão. Assim sendo, cabe mencionar que foram instalados o total de 08 (oito) pluviômetros referentes ao modelo Ville de Paris (figura 07), com uma superfície receptora de 400 cm<sup>2</sup>, uma lâmina de 1mm corresponde a:  $400 \cdot 0,1 = 40 \text{ cm}^3 = 40 \text{ ml}$ , a 1,5m acima da superfície do solo e de forma equitativa no espaço urbano para a coleta dos dados pluviométricos, de acordo com as orientações do INMET.

De acordo com Tucci (2001), no Brasil, no que se refere às recomendações quanto a altura para instalação dos pluviômetros, o padrão sugerido é entre 1 e 1,5m acima do solo. Foram instalados de forma equitativa na área urbana da cidade para a coleta dos dados pluviométricos, as amostras de água pluvial, foram coletadas em oito pontos da cidade, por

---

<sup>1</sup> Informações disponíveis em <<http://www.jctmhidromet.com.br/equipamentos/meteorologia/pluviometro-ville-de-paris-plm-3>>. Acessado em 8 de fevereiro (2019).

meio de uma rede pluviométrica instalada no espaço urbano da cidade de Catalão (GO). A figura 7 abaixo mostra os pluviômetros instalados.

**Figura 7:** Pluviômetros tipo Ville de Paris - Instalados na malha urbana de Catalão (GO).



P 01- Bairro Pontal Norte



P 02- Bairro Jardim Catalão



P 03 – Bairro Santa Teresinha



P 04 – ETA Dimic



P 05 – Bairro Jardim Paraíso



P 06 – Bairro Evelina Nour



P 07 – Bairro Leblon



P 08 – Setor Aeroporto

**Fonte:** PRADO, Leonardo Ferreira; 2019.

Conforme Silva (2017), para os casos de chuvas com volume precipitado menor que 0,1 mm deve-se considerar traço de chuva, e deverá ser feita uma observação para o ponto em questão, levando em consideração a data. Importante destacar, para que fossem escolhidos os

locais para a instalação dos pluviômetros, além dos procedimentos específicos, consideraram-se questões relevantes para não adulteração dos resultados, tais como: altura, distanciamento mínimo e máximo de objetos, presença de obstáculos, angulação do pluviômetro, presença de barreiras artificiais, formação de microclima, presença de solo impermeabilizado ou desnudo, presença de objetos isolados, relevo, depredação, possibilidade da não remoção, subtração ou troca de lugar do pluviômetro.

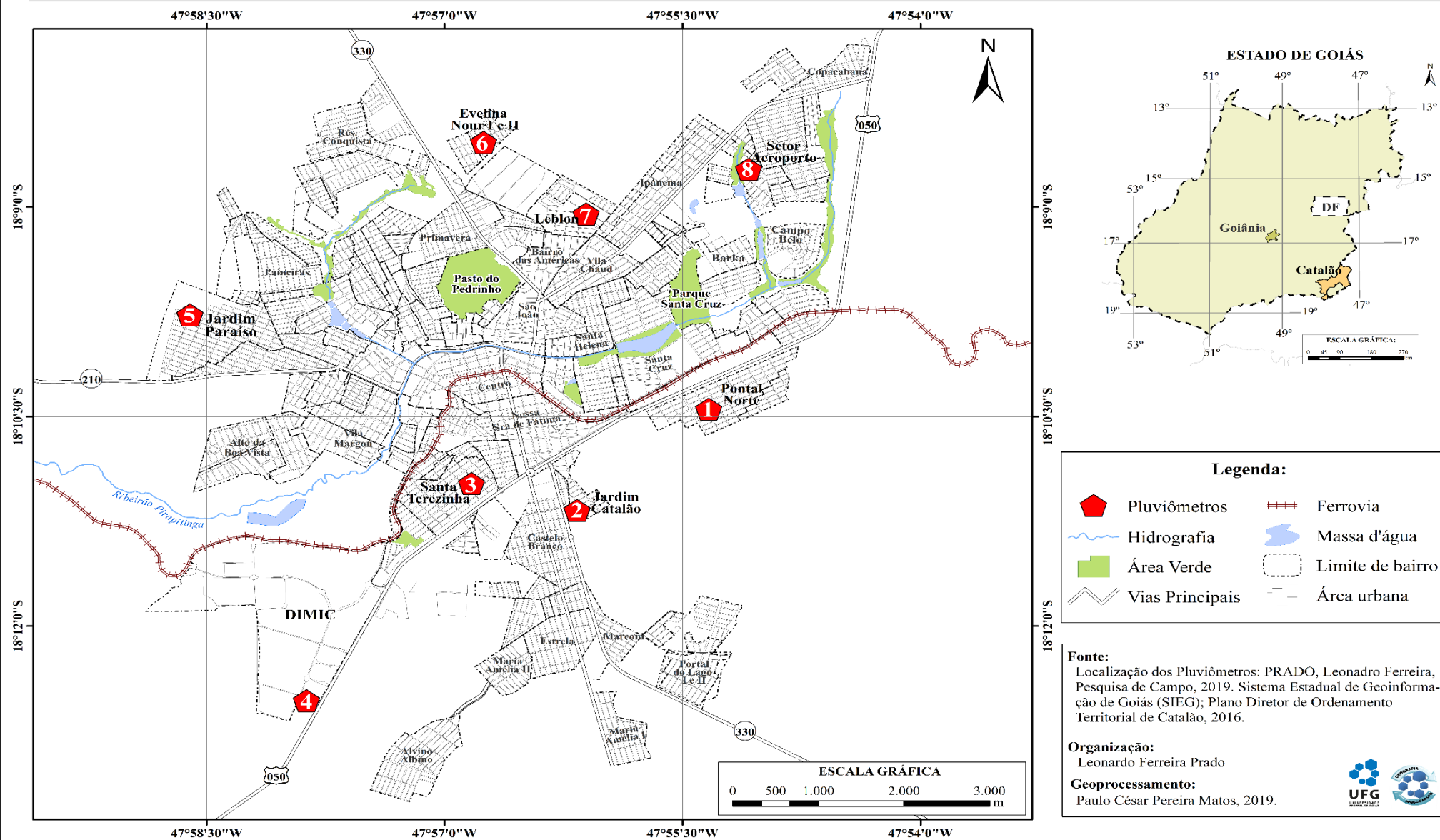
As leituras e amostras de água pluvial foram coletadas em oito pontos da cidade, por meio de uma rede pluviométrica instalada no espaço urbano da cidade de Catalão (GO). Os pontos onde foi realizado as coletas das amostras de água da chuva são os bairros: Leblon, Evelina Nour, Setor Aeroporto, Jardim Paraíso, Santa Teresinha, Distrito Mineiro Industrial de Catalão, Jardim Catalão e Pontal Norte. A tabela 04 abaixo mostra os pontos onde os 8 (oito) pluviômetros foram instalados para realização da pesquisa, sendo assim foi feita a coleta de água da chuva para a pesquisa, na cidade de Catalão (GO), e logo depois no mapa 2 a localização geográfica dos pluviômetros no espaço urbano de Catalão.

**Tabela 04:** Localização dos pontos onde os pluviômetros foram instalados no espaço urbano de Catalão (GO).

<b>PLUVIÔMETRO</b>	<b>ENDEREÇO</b>	<b>COORDENADAS</b>		<b>ALTITUDE (m)</b>
P 01	Pontal Norte	18°10'25.22"S	47°55'76.8"O	890
P 02	Jardim Catalão	18°11'22.51"S	47°56'09.17"O	903
P 03	Santa Teresinha	18°10'59.08"S	47°56'49.1"O	862
P 04	ETA - Dimic	18°12'32.75"S	47°57'51.5"O	852
P 05	Jardim Paraíso	18°09'46.14"S	47°57'36.8"O	854
P 06	Evelina Nour	18°08'31.74"S	47°56'42.4"O	889
P 07	Leblon	18°09'02.92"S	47°56'21.5"O	910
P 08	Setor Aeroporto	18°08'43.8"S	47°55'05.3"O	893

**Fonte:** PRADO, Leonardo Ferreira; 2019.

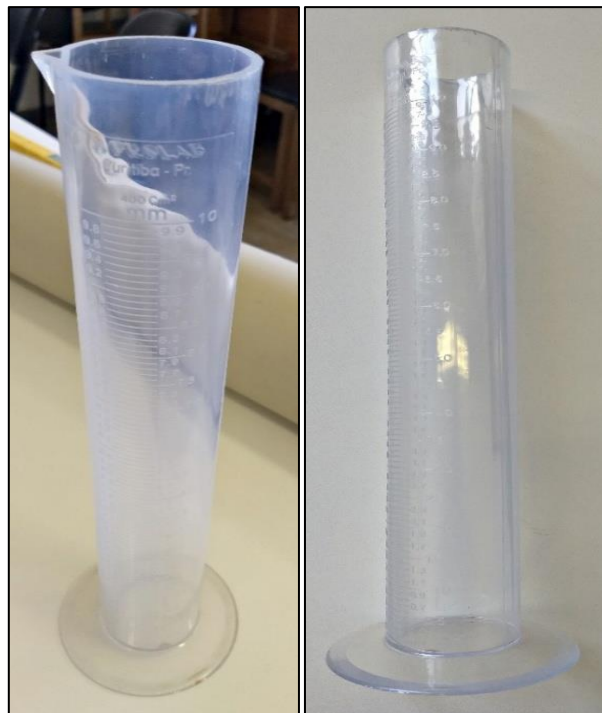
MAPA 2: MALHA URBANA DE CATALÃO (GO) - LOCALIZAÇÃO DOS PLUVIÔMETROS



É importante destacar que as provetas são graduadas em mm, conforme normas do sistema internacional de medidas, e recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), exemplificado na figura 08, cabendo ao autor responsável realizar a leitura do volume precipitado, transferindo para a proveta o volume de chuva armazenado por meio da abertura do registro localizado na parte inferior do pluviômetro e, após transferência, registro na planilha dos valores acumulados no dispositivo.

Foram utilizados para fazer a leitura e coletar a água da chuva nos pluviômetros, uma proveta plástica da marca J.Prolab, a capacidade da proveta graduada em polietileno é de 10 mm e divisão de escala de 0,1 mm para medir os mm de chuva e depois a água foi armazenada para transporte em recipiente de plástico, esterilizados antes de cada coleta, conforme figura 8.

**Figura 8:** Proveta J.Prolab de polipropileno graduada em (mm).



**Fonte:** PRADO, Leonardo Ferreira; 2019.

Para os casos de chuvas com volume precipitado menor que 0,1 mm (zero vírgula um milímetros) deve-se considerar traço de chuva, e deverá ser feita uma observação para o ponto em questão, levando em consideração a data. Importante destacar, para que fossem escolhidos os locais para a instalação dos pluviômetros, além dos procedimentos específicos, considerou-se questões relevantes para não adulteração dos resultados, tais como: altura, distanciamento

mínimo e máximo de objetos, presença de obstáculos, angulação do pluviômetro, presença de barreiras artificiais, formação de microclima, presença de solo impermeabilizado ou desnudo, presença de objetos isolados, relevo, depredação, possibilidade da não remoção, subtração ou troca de lugar do pluviômetro (SILVA, 2017).

## **2.5 – Análises físico-químicas da água pluvial no espaço urbano de Catalão (GO)**

Feltre (2004), a água é capaz de dissolver um grande número de substâncias, sendo por esse motivo denominada solvente universal. Exatamente por isso, ela tende a se tornar poluída com muita facilidade. Considera-se como agente poluidor da água qualquer substância que venha a torná-la imprópria a vida vegetal e animal ou para o consumo público, agrícola ou industrial.

Podemos analisar que a pureza ou a qualidade da água está relacionada com a ausência de contaminantes como o flúor, metais pesados, compostos orgânicos e patógenos, sendo estes os principais causadores de doenças, o que determina se estes contaminantes estão em excesso ou não na água é a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, por exemplo, a portaria apresenta limites para os parâmetros como turbidez, dureza da água, nitrato, nitrito, presença de patógenos e o pH.

O pH refere-se ao Potencial Hidrogeniônico e representa um índice que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade da solução aquosa, este conceito foi introduzido em 1909 pelo químico dinamarquês Soren Peter Lauritz Sorensen. O termo pH (potencial Hidrogeniônico) é uma grandeza que varia de 0 a 14 e indica a intensidade da acidez (pH menor 7,0), neutralidade (pH = 7,0) de uma solução aquosa. É uma das ferramentas mais importantes e frequentes utilizadas na análise de água.

Deste modo os resultados que forem analisados em uma pesquisa de pH da água pluvial, as amostras tem que apresentar dentro do parâmetro estabelecido pela legislação em vigor para água de consumo humano, a portaria 2914/2011. Ou seja, dentro da faixa de 6,0 a 9,0 pH.

A pesquisa vem sendo desenvolvida desde o ano de 2016 quando iniciou a pesquisa no curso de graduação em Geografia pela UFG/RC por meio de um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), sendo que foi fornecido um treinamento pelo professor orientador Rafael de Ávila Rodrigues, e pela mestre em Química Nara Line da Silva Sousa do Laboratório de Pesquisas Ambientais (LAPAM) da Unidade Acadêmica Especial de Química da Universidade Federal de Goiás, Regional Catalão, sob a supervisão do Prof. Dr. Lincoln

Lucílio Romualdo do Departamento de Química, responsável pelo laboratório, de como proceder na medida e coleta da água da chuva.

A pesquisa agora tem a sua continuidade no Programa de Pós-Graduação *Stricto sensu* em Geografia da Universidade Federal de Goiás, Regional Catalão, até dezembro de 2019, e as coletas da captação de água da chuva foram feitas diariamente após a chuva, pelo autor desta pesquisa que foi responsável das oito localidades.

Os recipientes foram sempre lavados com água destilada, antes e depois das coletas, os pluviômetros foram instalados em local aberto, sem nenhum tipo de vegetação como árvores, ou próximos de telhados com calhas para que a qualidade da água coletada não tenha alterações. As coletas foram levadas para o Laboratório de Pesquisas Ambientais (LAPAM) da Unidade Acadêmica Especial de Química na Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão de acordo com o Manual prático de análise de água.

A análise da água pluvial foi analisada através do Colorímetro DR/890 da marca Hach, figura 9, onde foi feita análise de turbidez (NTU), dureza total ( $\text{CaCO}_3$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ). Todos esses dados físico químicos da análise da água da chuva vão ser apresentados no capítulo três dessa dissertação, onde serão os resultados e discussões das análises de pH, turbidez (NTU), dureza total, nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ).

**Figura 9:** Colorimetro DR/890.

**Fonte:** LAPAM de Química. Organização: PRADO, Leonardo Ferreira; 2019.

As amostras de água da chuva foram levadas para o laboratório de química (LAPAM), onde as análises da água foram analisadas no colorimetro, sob a supervisão da graduanda em química Larissa Christina Pires Barreto, da unidade acadêmica especial de química (UAE) da Universidade Federal de Goiás /Regional Catalão, por meio da orientação do Prof. Dr. Lincoln Lucílio Romualdo do Departamento de Química, responsável pelo laboratório, de como proceder nas análises físico químicas da água da chuva.

Foram analisados Turbidez que é a medição da resistência da água à passagem de luz, é provocada pela presença de partículas flutuando na água, a turbidez é um parâmetro de aspecto estético de aceitação ou rejeição do produto, e o valor máximo permitido de turbidez na água distribuída é de 5,0 NTU, (Portaria MS nº 2914/2011).

A Dureza total também foi analisada, onde uma água é a medida da sua capacidade de precipitar sabão, isto é, nas águas que a possuem, os sabões transformam-se em complexos insolúveis, não formando espuma até que o processo se esgote, para efeito de potabilidade, são admitidos valores relativamente altos de dureza, no Brasil, a portaria Ministério da Saúde N.º 2.914 de 14 de dezembro de 2011, estabelece o VMP (Valor Máximo Permitido) de

500mg/L de concentração total de Cálcio e Magnésio para que a água seja admitida como potável, este parâmetro remete a um padrão organoléptico da água, já que o sabor eventualmente pode ser considerado uma característica desagradável de águas muito duras.

Analizamos o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) que é a composição de nitrogênio e oxigênio, o nitrogênio é essencial para a vida, porém alta concentração de nitrato na água potável pode ser perigosa para a saúde, especialmente para lactentes e mulheres grávidas, o nitrato pode ser encontrado no ar, no solo, na água, em plantas e nos dejetos animais, o homem também adiciona nitrato ao ambiente através dos fertilizantes, o valor máximo permitido para este contaminante na água potável, de acordo com a Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914, de Dezembro de 2011, é de 10 mg/l.

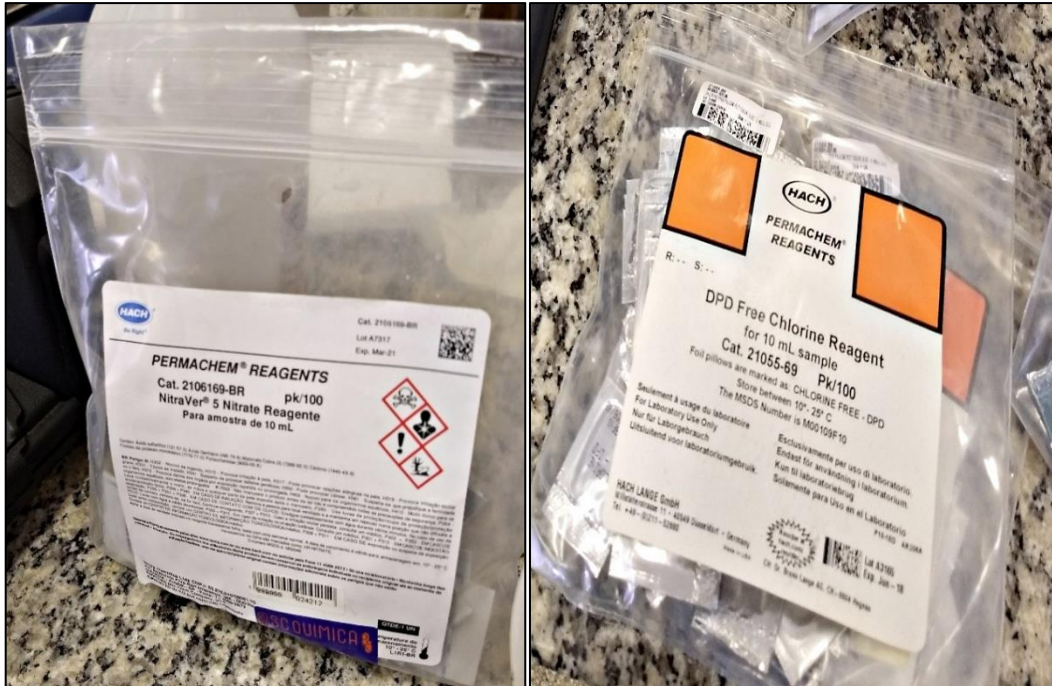
E também foi analisado o nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) que é um parâmetro simples, mas de fundamental importância na verificação da qualidade da água para consumo, pois sua presença é um indicativo de contaminação recente, procedente de material orgânico vegetal ou animal, o nitrito pode ser encontrado na água como produto da decomposição biológica, devido à ação de bactérias ou outros micro-organismos sobre o nitrogênio amoniacal, ou ser provenientes de ativos inibidores de corrosão em instalações industriais, segundo a portaria N.º 2.914 de 14 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde a quantidade máxima permitida de nitrito na água de consumo humano é de 1 mg/L.

Vale destacar que o nitrato e o nitrito são considerados contaminantes ambientais de larga expansão nos recursos hídricos, tanto subterrâneos como superficiais, devido ao desenvolvimento e expansão das atividades agrícolas, associadas ao uso de fertilizantes químicos (NETO et al, 2006).

O conhecimento dos teores de ( $\text{NO}_3^-$ ) e ( $\text{NO}_2^-$ ) em amostras de água natural tem despertado grande interesse da sociedade, devido ao grande aumento desses íons, os quais podem causar problemas ao meio ambiente e, conseqüentemente, à saúde humana (MONSER et al, 2002).

Para poder fazer as análises de nitrato e nitrito no colorímetro foi usado os reagentes em pó “sachê” da marca Hach conforme a imagem 01, já para a análise de dureza foi usado a solução alcalina para cálcio e magnésio, teste de dureza colorimétrica de baixa gama solução clara de cor âmbar, da marca Hach conforme imagem 02.

**Figura 10:** Reagentes utilizados para analisar nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ).



Fonte: LAPAM de Química. Organização: PRADO, Leonardo Ferreira; 2019.

**Figura 11:** Reagente para análise de dureza total.



Fonte: LAPAM de Química. Organização: PRADO, Leonardo Ferreira; 2019.

Para as análises de pH da água da chuva da cidade de Catalão (GO), foi utilizado um pHep da marca Hanna, modelo HI 98127, e também foi utilizado um phmetro de bancada digital da marca PHS-3E, onde o aparelho analógico foi calibrado por duas soluções tampões com  $\text{pH} = 7$  e  $\text{pH} = 4$ , da marca Neon conforme imagem 12, as análises de pH foram realizadas no Centro de Pesquisas Tecnológicas e Processamento de Imagem CPTPI/UFG/RC do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão. Todos esses aparelhos foram devidamente limpados com água destilada antes e após cada amostra, para cada grau de acidez da amostra fosse medido, esta teve que conter no mínimo 100 ml de precipitação, considerando a proposta metodológica de M. Scorre (1934) citada por Tarifa (1991).

**Figura 12:** Solução tampão pH 7,00 e pH 4,00.



**Fonte:** Laboratório, (CPTPI/UFG/RC). Organização: PRADO, Leonardo Ferreira; 2019.

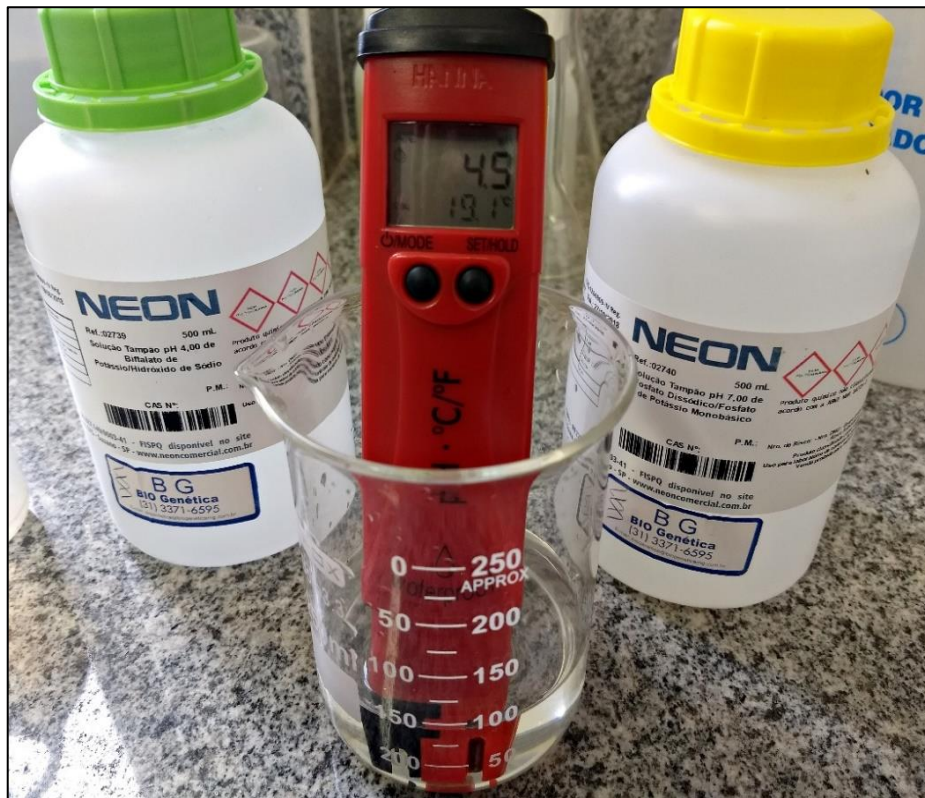
Conforme as imagens 13 e 14 podemos observar os dois modelos de phmetros que foram utilizados na análise de pH da água da chuva coletados nos oito pluviômetros instalados nos bairros da cidade de Catalão (GO).

**Figura 13:** pHmetro de bancada PHS-3E.



Fonte: Laboratório, (CPTPI/UFG/RC). Organização: PRADO, Leonardo Ferreira; 2019.

**Figura 14:** pHep da marca Hanna, modelo HI 98127.



Fonte: Laboratório, (CPTPI/UFG/RC). Organização: PRADO, Leonardo Ferreira; 2019.

Foram realizadas 98 (noventa e oito) análises de pH da água da chuva coletados nos oito pluviômetros instalados na cidade de Catalão (GO), entre o período de 15/01/2018 a 30/12/2019. Na construção do gráfico fizemos uma média utilizando a própria função do EXCEL para isso, função =MÉDIA(). Basta chamar a função MÉDIA e indicar o intervalo de células que farão parte da fórmula, neste caso de B3 a E3. Para cada ponto de janeiro de 2018 a dezembro de 2019, as coletas foram feitas nos bairros: Leblon, Evelina Nour, Jardim Paraíso, Setor Aeroporto, Santa Teresinha, Distrito Mineral Industrial de Catalão, Jardim Catalão, Pontal Norte.

## CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 – Caracterização dos episódios pluviais

As leituras de chuvas nos 8 (oito) pluviômetros instalados no espaço urbano de Catalão (GO) durante o período da pesquisa podemos destacar que os bairros Evelina Nour, Santa Teresinha, Jardim Catalão e Distrito Mineral Industrial de Catalão (ETA) no ano de 2018 tiveram grande destaque de precipitação em relação aos outros bairros, no volume de chuva precipitado durante os meses do período chuvoso a análise da distribuição do total mensal das chuvas indica que grande parte da precipitação ocorre nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril, no quadro abaixo podemos observar os dias com maior precipitação pluvial que ocorreu nesses três bairros de Catalão (GO).

**Tabela 05.** Maiores leituras de chuvas nos meses de janeiro a abril (2018).

Santa Teresinha		ETA Dimic		Evelina Nour	
Data Coleta	Precipitação	Data Coleta	Precipitação	Data Coleta	Precipitação
07/01/2018	55,8 mm	08/01/2018	45,8 mm	07/01/2018	50,3 mm
08/01/2018	51,2 mm	03/02/2018	40,2 mm	05/02/2018	51,2 mm
12/03/2018	58,7 mm	12/03/2018	84,5 mm	12/03/2018	65,8 mm
06/04/2018	58,3 mm	03/04/2018	78,9 mm	03/04/2018	61,3 mm

Fonte: PRADO, Leonardo Ferreira; (2018).

Os volumes precipitados para cada ponto em estudo referente aos meses de janeiro a abril, por meio da análise dos dados foi possível identificar os volumes precipitados em cada um dos oito pontos monitorados, e identificar a variabilidade da distribuição das chuvas no espaço urbano de Catalão (GO), observou-se na tabela 05 que a cidade de Catalão possui uma diferença de volume precipitado de chuva nos bairros, enquanto um bairro recebe muita chuva em um dia o outro bairro já recebe um volume de chuva menor conforme podemos observar na tabela 05 essa diferença do volume de chuva precipitado nesse período.

No ano de 2019 as leituras de precipitação pluvial nos oito pluviômetros instalados no espaço urbano de Catalão (GO) no decorrer da pesquisa podemos destacar que os bairros Evelina Nour, Setor Aeroporto, e Distrito Mineral Industrial de Catalão (Dimic-ETA) tiveram grande destaque no volume de chuva precipitado durante os meses do período chuvoso a análise da distribuição do total diário das chuvas indica que grande parte da precipitação

ocorreu nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril, na tabela 06 abaixo podemos observar os dias com maior precipitação pluvial que aconteceu especificamente nesses três bairros.

**Tabela 06.** Volumes de chuva acumulados em 24 horas nos meses de janeiro a abril de 2019

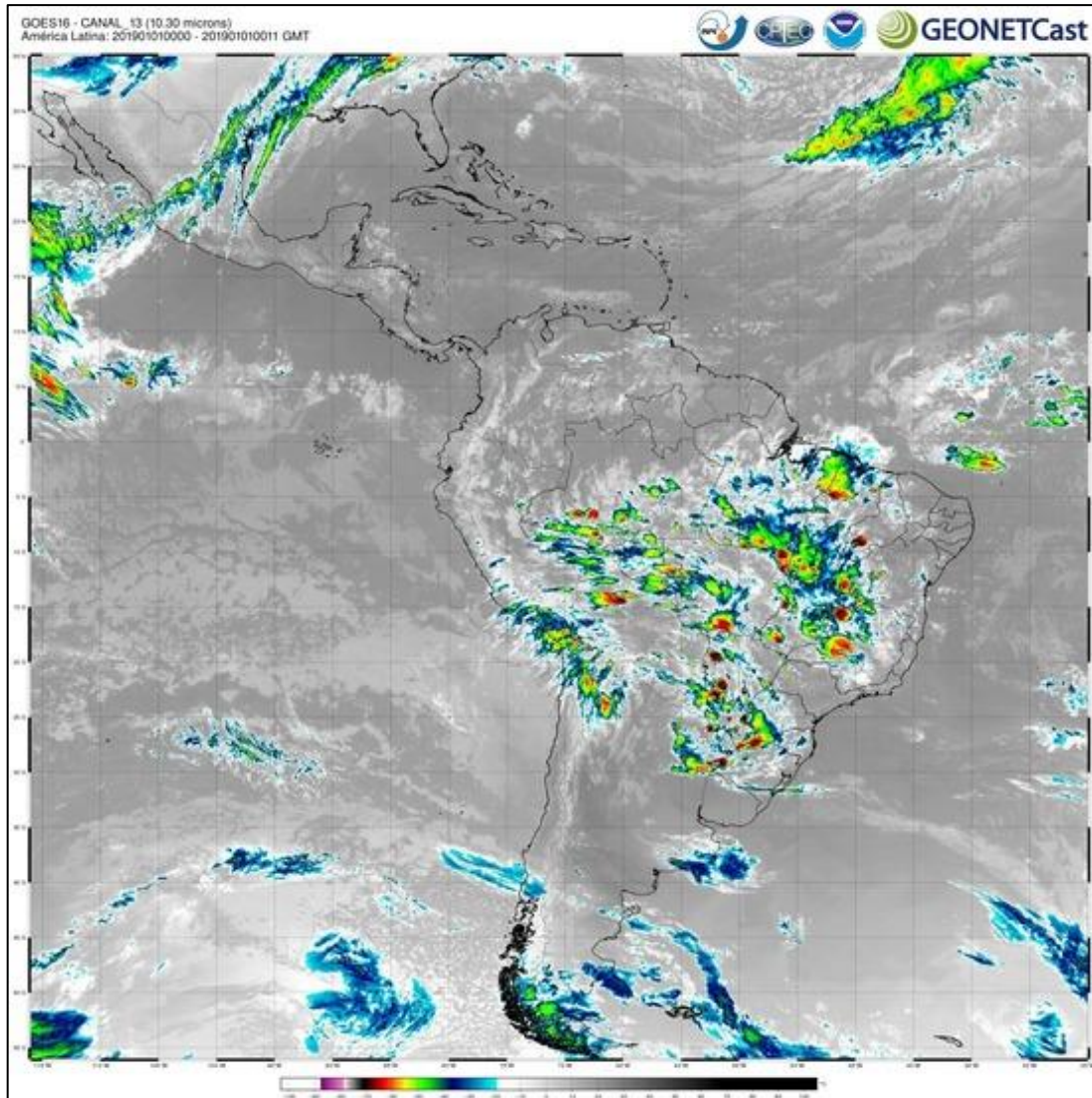
Setor Aeroporto		ETA Dimic		Evelina Nour	
Data Coleta	Precipitação	Data Coleta	Precipitação	Data Coleta	Precipitação
02/01/2019	62,5 mm	02/01/2019	62,5 mm	02/01/2019	55,8 mm
21/02/2019	55,8 mm	18/02/2019	77,2 mm	21/02/2019	51,3 mm
11/03/2019	29,5 mm	11/03/2019	38,7 mm	11/03/2019	25,7 mm
15/04/2019	60,8 mm	15/04/2019	54,3 mm	15/04/2019	25,9 mm

Fonte: PRADO, Leonardo Ferreira; (2019).

Conseqüentemente, durante os dois anos da pesquisa podemos analisar que os oito bairros no espaço urbano de Catalão (GO) onde foram feitas as leituras e coleta de água das chuvas possuem diferenças significativas de precipitação pluvial como complemento da análise rítmica da área de estudo, foram coletadas diariamente cartas sinóticas (figura 15) do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)/ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), via Internet, as quais foram analisadas e relacionadas com os dados de superfície coletados pelos pluviômetros, por meio da seleção de episódios pluviais durante a estação chuvosa, 2018-2019.

Em seguimento durante as análises das cartas sinóticas as chuvas mais intensas do mês de janeiro do ano de 2018 foram de influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) se manteve alinhada entre o sul da Região Norte, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil, manteve as condições para acumulados significativos de chuva em algumas áreas do Centro-Oeste e Sudeste. A ZCAS tem suporte de um cavado nos níveis médios da troposfera que continuou alinhando as instabilidades desde o Sudeste ao Centro-Oeste e parte da Região Norte. CPTEC/INPE (2018).

**Figura 15:** América Latina: carta sinótica de pressão atmosférica do dia 01/01/2019.



**Fonte:** CPTEC/INPE (2019).

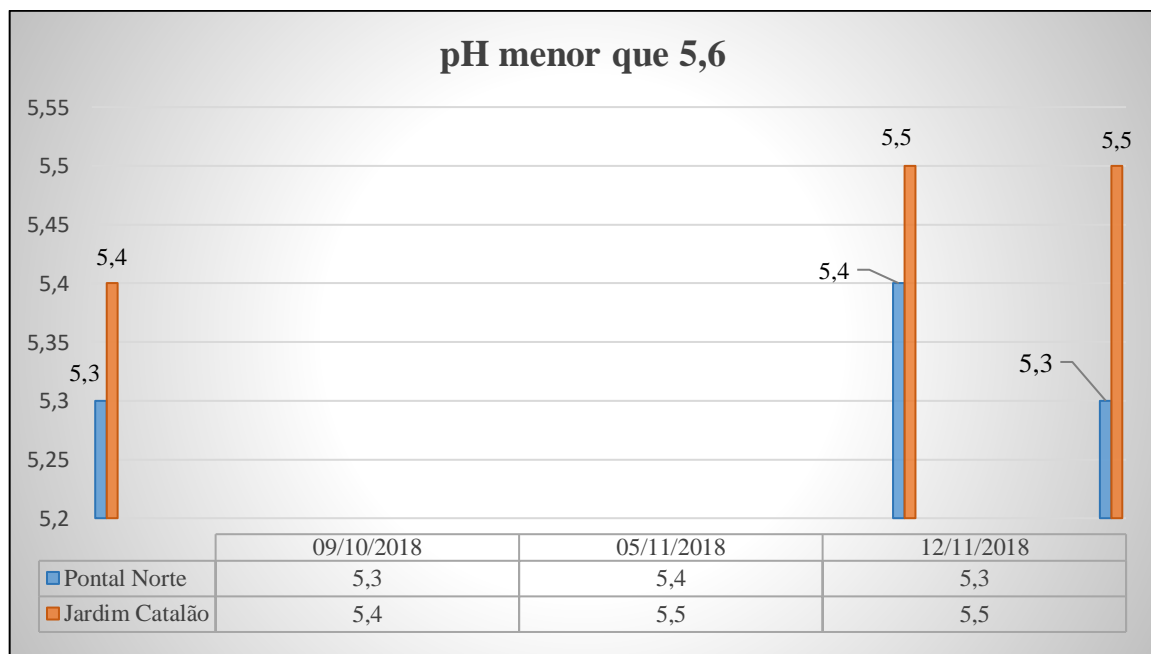
No período de janeiro de 2019 notou-se a circulação associada à Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e a convergência dos alísios que adentram pelo Nordeste e parte central do Brasil. Parte deste escoamento se direcionou para MT, GO e MG mas outra parte, pela barreira do Andes, se direciona ao Paraguai e norte da Argentina, configurando o Jato de Baixos Níveis (JBN) e alimenta as instabilidades nestas áreas CPTEC/INPE (2019).

### 3.2 - Avaliação do pH da água da chuva em Catalão (GO)

No primeiro ano da pesquisa as coletas de amostra da água da chuva nos oito pluviômetros no período de 15/01/2018 a 28/12/2018 foram coletadas ao total de 46 (quarenta e seis) amostras de água pluvial no espaço urbano de Catalão (GO), os valores do pH das águas da chuva em Catalão apresentaram valores distintos nos seus oito locais de coleta, apesar da média ter exibido números elevados, pode-se notar que alguns dias em que o valor do pH despertou certa preocupação, devido a acidez nos pontos dos bairros Jardim Catalão e Pontal Norte.

Os dados coletados e analisados nos phmetros o menor pH ocorreu nas amostragens da água pluvial dos pontos do bairro Jardim Catalão onde no dia 09/10/2018 o menor valor foi (pH = 5,4) e no bairro Pontal Norte a partir do dia 02/10/2018 foram analisadas cinco amostras conforme podemos observar no anexo 1 com pH igual ou abaixo do permitido na legislação portaria 2914/2011, onde o menor valor foi nos dias 09/10/2018 e 12/11/2018 (pH = 5,3), conforme o gráfico abaixo podemos verificar os menores valores de pH da água da chuva durante o ano de 2018 nos bairros Jardim Catalão e Pontal Norte.

**Gráfico 01:** Valores de pH da água da chuva menor que 5,6.



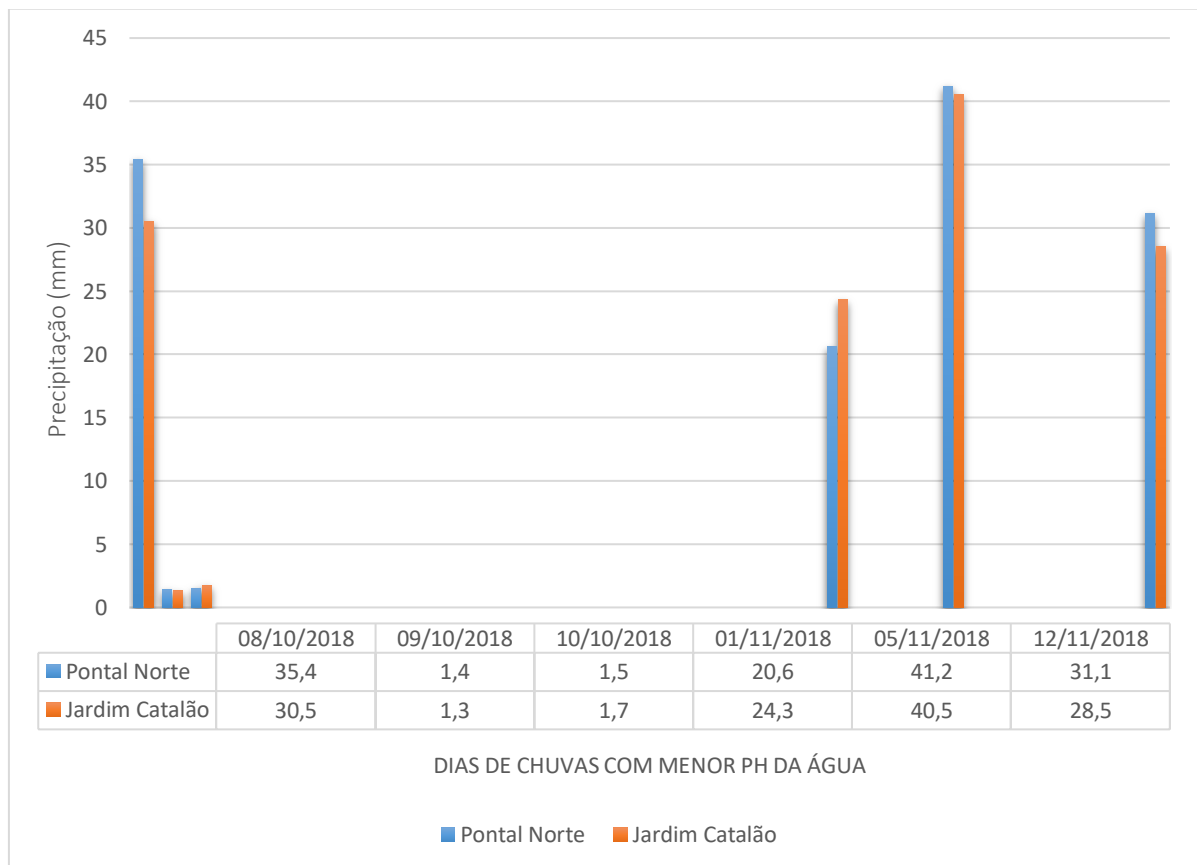
**Fonte:** PRADO, Leonardo Ferreira; 2019.

Durante esse dias que os bairros Pontal Norte e Jardim Catalão apresentaram valores de pH levemente ácido de acordo com a classificação do pH da água das chuvas em normal

maior que 5,6, e levemente ácido (de 5 a 5,6) e ácido menor que 5, Cunha et al. (2009), e também conforme o parâmetro estabelecido pela legislação em vigor para água de consumo humano, a portaria 2914/2011, ou seja, abaixo da faixa de 6,0 a 9,0, os outros pontos da pesquisa conforme o anexo 1 mostrou o pH normal conforme estabelecido pela legislação, assim sendo os valores dos demais pontos observados nesses dias foi o (pH = 7,0) no bairro Santa Teresinha, (pH = 7,0) no Setor Aeroporto, (pH = 6,9) no bairro Evelina Nour, (pH = 6,5) da ETA Dimic no Setor industrial e ( pH = 6,7 ) no bairro Jardim Paraíso.

No período em que os bairros Jardim Catalão e Pontal Norte mostraram dados da análise de pH da água da chuva abaixo da legislação, no gráfico abaixo podemos analisar o volume de precipitação pluvial nos dois pontos onde foram coletadas as amostras com menor valor de pH da água da chuva.

**Gráfico 02:** Gráfico de chuva dos bairros Pontal Norte e Jardim Catalão.

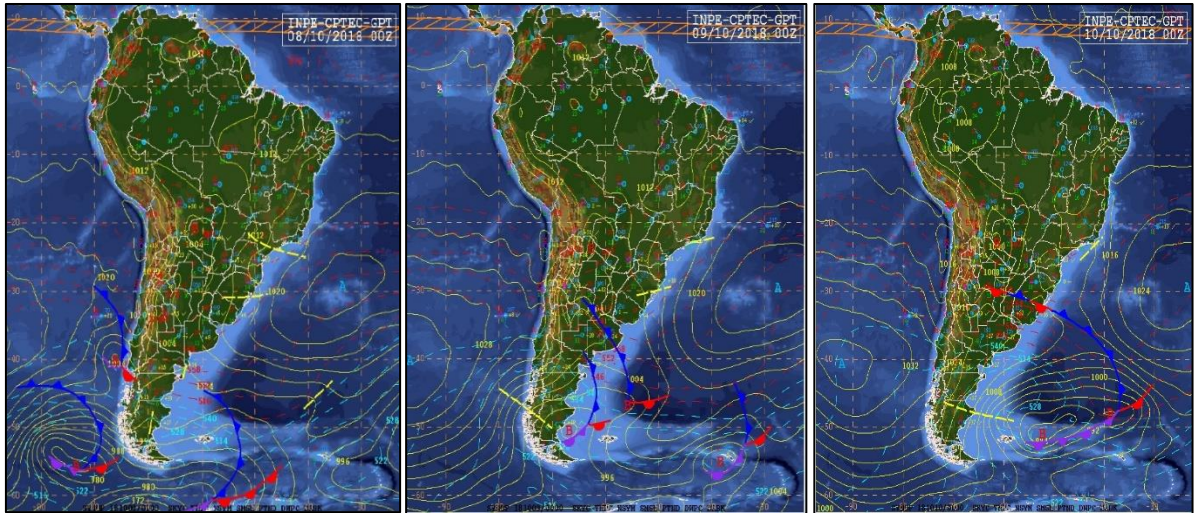


**Fonte:** PRADO, Leonardo Ferreira; 2019.

Sendo assim através do Centro de Previsão de Estudos Climáticos e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), buscando assim compreender quais sistemas atmosféricos estavam diretamente relacionados com os valores de pH da água da chuva no

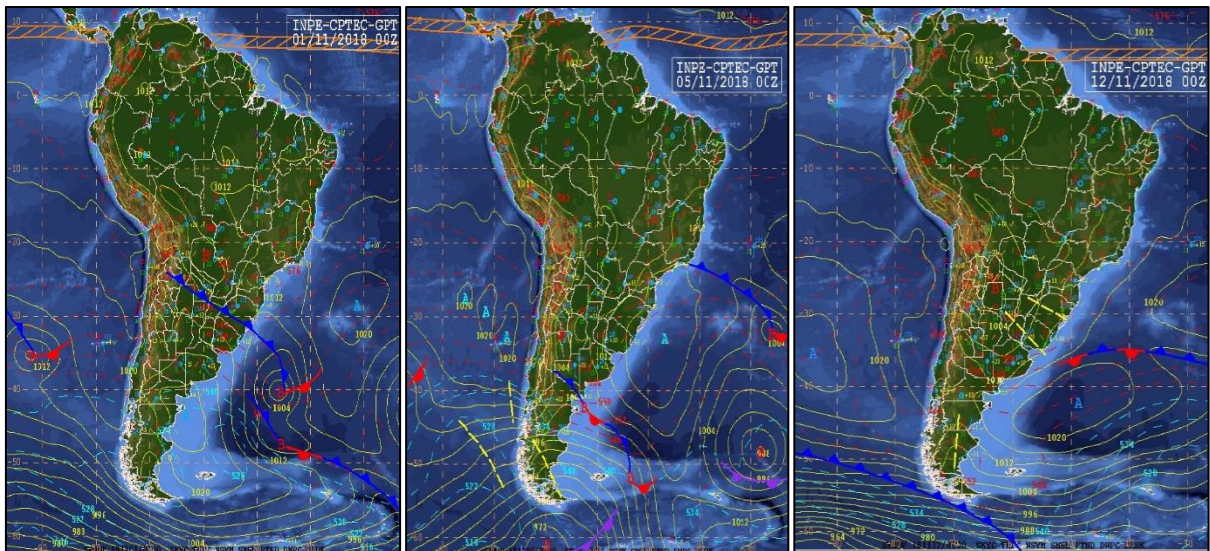
município de Catalão entre os respectivos dias, conforme mostram as figuras 16 a 21. Todas as descrições referentes à atuação e dinâmica dos sistemas atmosféricos foram baseadas no CPTEC/INPE (2018).

**Figura 16:** Carta Sinótica 08, 09 e 10 de outubro de 2018.



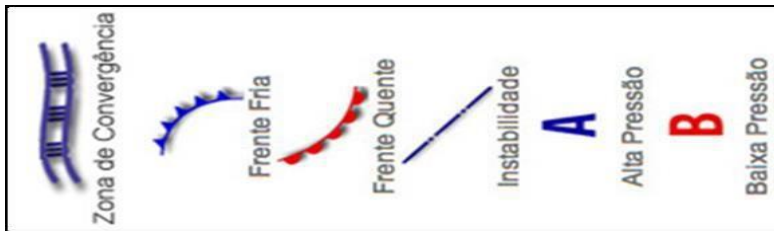
Fonte: CPTEC/INPE, Janeiro, 2018.

**Figura 17:** Carta Sinótica 01, 05 e 12 de novembro de 2018.



Fonte: CPTEC/INPE, Janeiro, 2018.

**Figura 18:** Legenda das Cartas Sinóticas.



Fonte: Climatempo, 2019.

A análise sequencial das cartas sinóticas de superfície da 00Z, nos revelou que a condição atmosférica durante os dias 08/10 a 10/10/2018 em que as amostras do pH da água da chuva se mostrou levemente ácido, através das cartas sinóticas analisamos que a circulação anticiclônica no Atlântico, associada a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), dominou o escoamento sob o Nordeste e Centro-Oeste, entre o MT, oeste de GO e faixa sul da região norte, a divergência em altos níveis induzida pela presença de um anticiclone combinada a termodinâmica favoreceu a ocorrência de pancadas de chuva que, em pontos isolados, foi de forte intensidade (CPTEC/INPE, 2018).

Da análise sequencial das cartas sinóticas de superfície da 00Z, no intervalo do dia 01 a 12 de novembro de 2018, foi possível observar nos dias 05 e 12 de novembro notou-se o escoamento de leste sobre o Oceano Atlântico, associado a circulação da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), favorecendo ao transporte de umidade, adentrando sobre as Regiões norte e nordeste, o escoamento apresenta cavado na circulação na coluna troposférica em 250 hPa desde a BA ao sudeste do PA, que contribuiu para a convergência de massa em baixos níveis e levantamento do ar, que aliado a termodinâmica, favoreceu as pancadas de chuva forte com raios em áreas do norte de GO, norte de MT, TO, oeste da BA, centro-sul do MA e do PI e no sudeste e leste do PA, a termodinâmica contribuiu para pancadas de chuva com raios, a partir da tarde, em áreas de MG, do ES, norte do RJ, Vale do Paraíba SP, RJ, nordeste de SP, DF, grande parte de GO e demais áreas de MT, CPTEC/INPE (2018).

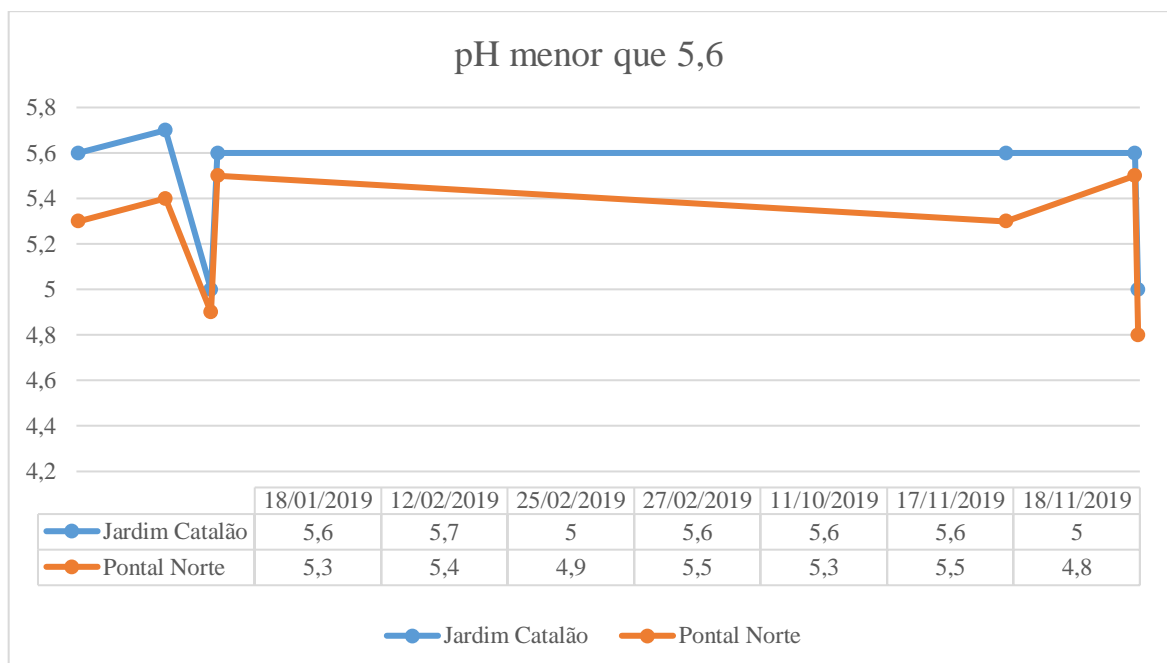
É importante destacar que o objetivo de entendimento da análise rítmica como a caracterização dos diferentes tipos de tempo atmosférico pode ser relacionado através da dinâmica da circulação regional, essa análise permite ter um entendimento da condição da atmosférica durante o período em que as amostras de água da chuva mostraram dados de pH abaixo da legislação.

No segundo ano da pesquisa as coletas de amostra da água pluvial nos oito pluviômetros no período de 01/01/2019 a 31/12/2019 foram coletadas ao total de 56 (cinquenta e seis) amostras de água da chuva no espaço urbano de Catalão (GO), os valores

das amostras de pH das águas das chuvas em Catalão exibiram valores diferenciados nos seus oito locais de coleta, apesar da média ter exibido números elevados, analisamos que alguns dias em que o valor do pH nos relevou levemente ácido o que gerou certa preocupação, devido a acidez nos pontos dos bairros Jardim Catalão e Pontal Norte.

Os dados coletados e analisados nos phmetros o menor pH ocorreu nas amostragens da água pluvial dos pontos do bairro Jardim Catalão onde sete amostras apontaram para um pH levemente ácido no dia 25/02/2019 e 18/11/2019 o menor valor foi (pH = 5,0), e no bairro Pontal Norte a partir do dia 18/01/2019 foram analisadas sete amostras de água da chuva conforme podemos observar no anexo 2 com pH no limite e abaixo do permitido na legislação portaria 2914/2011, onde os menores valores foram nos dias 25/02/2019 com o (pH= 4,9), e 18/11/2018 (pH= 4,8), valores preocupantes, analisados em dois dias que o valor do pH ficou abaixo de 5,0, os demais pontos se mantiveram na média, classificados como normais, de acordo com a classificação do pH da água das chuvas em normal maior que 5,6, e levemente ácido (de 5 a 5,6) e ácido menor que 5, Cunha et al. (2009), conforme o gráfico 03 abaixo podemos verificar os menores valores de pH da água da chuva durante o ano de 2019 nos bairros Jardim Catalão e Pontal Norte.

**Gráfico 03:** Valores de pH da água pluvial menor que 5,6.



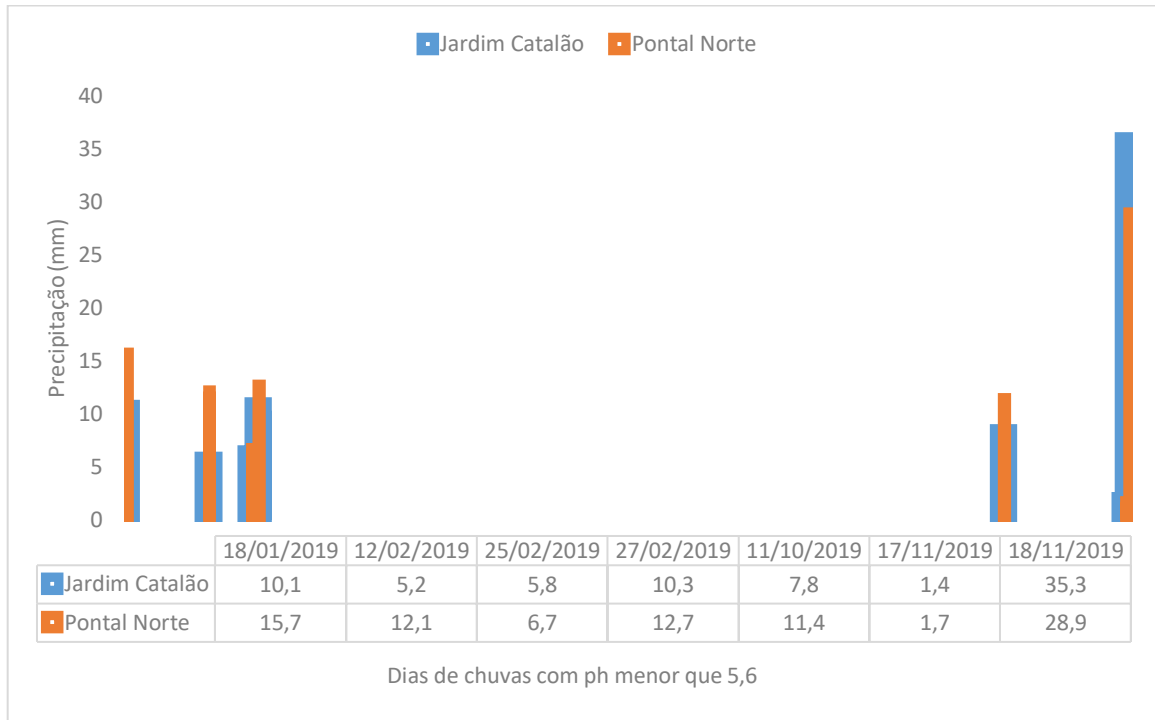
**Fonte:** PRADO, Leonardo Ferreira; 2020.

Através das análises da água pluvial no ano de 2019 esses dias observados no gráfico 03 os bairros Pontal Norte e Jardim Catalão apresentaram valores de pH levemente ácido e

ácido na água da chuva conforme o parâmetro estabelecido pela legislação em vigor para água de consumo humano, a portaria 2914/2011, ou seja, abaixo da faixa de 6,0 a 9,0, os outros pontos da pesquisa conforme o anexo 2 mostrou o pH normal conforme estabelecido pela legislação, assim sendo os valores dos demais pontos observados nesses dias foi o (pH = 6,1) no bairro Santa Teresinha, (pH = 6,4) no Setor Aeroporto, (pH = 6,9) no bairro Evelina Nour, (pH = 6,3) da ETA Dimic no Setor industrial e ( pH = 6,9 ) no bairro Jardim Paraíso.

No andamento da pesquisa podemos analisar que os bairros Jardim Catalão e Pontal Norte mostraram dados da análise de pH da água da chuva abaixo da legislação, no gráfico 04 abaixo podemos analisar o volume de precipitação pluvial nos dois pontos onde foram coletadas as amostras de água da chuva.

**Gráfico 04:** Precipitação pluvial dos bairros Pontal Norte e Jardim Catalão.

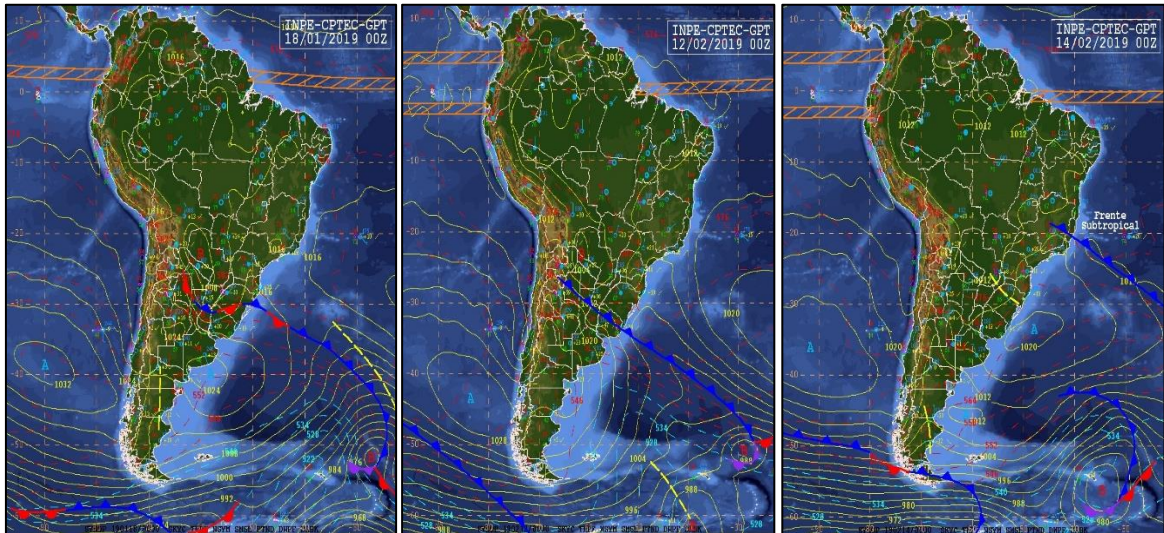


**Fonte:** PRADO, Leonardo Ferreira; 2020.

Durante esses dias de precipitação pluvial em que os dados de pH da água da chuva se mostrou abaixo da legislação analisamos as condições atmosféricas através dos Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), buscando assim compreender quais sistemas atmosféricos estavam diretamente relacionados com os valores de pH da água da chuva no município de Catalão entre os respectivos dias, conforme mostram

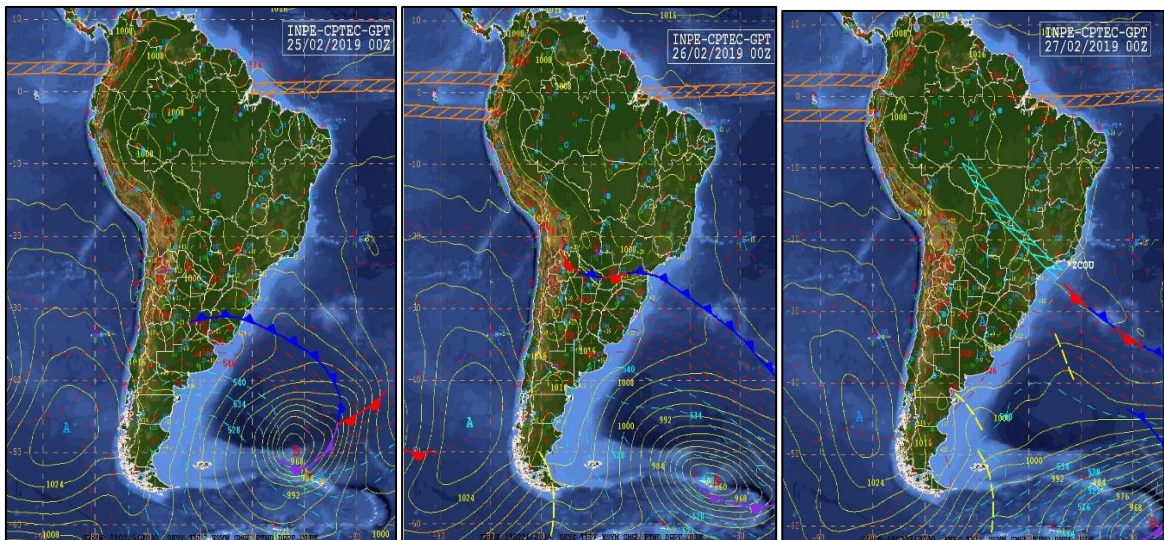
as figuras 21 a 24. Todas as descrições referentes à atuação e dinâmica dos sistemas atmosféricos foram baseadas no CPTEC/INPE (2019).

**Figura 19:** Carta Sinótica 18/01, 12 e 14 de Fevereiro 2019.



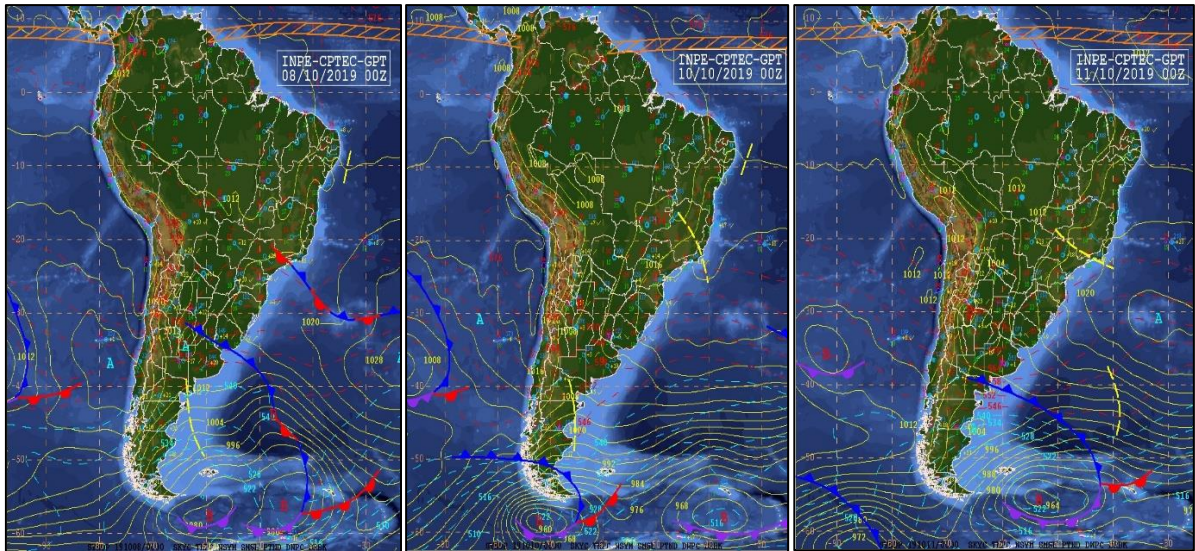
Fonte: PRADO, Leonardo Ferreira; 2020.

**Figura 20:** Carta Sinótica 25 a 27 de Fevereiro de 2019.



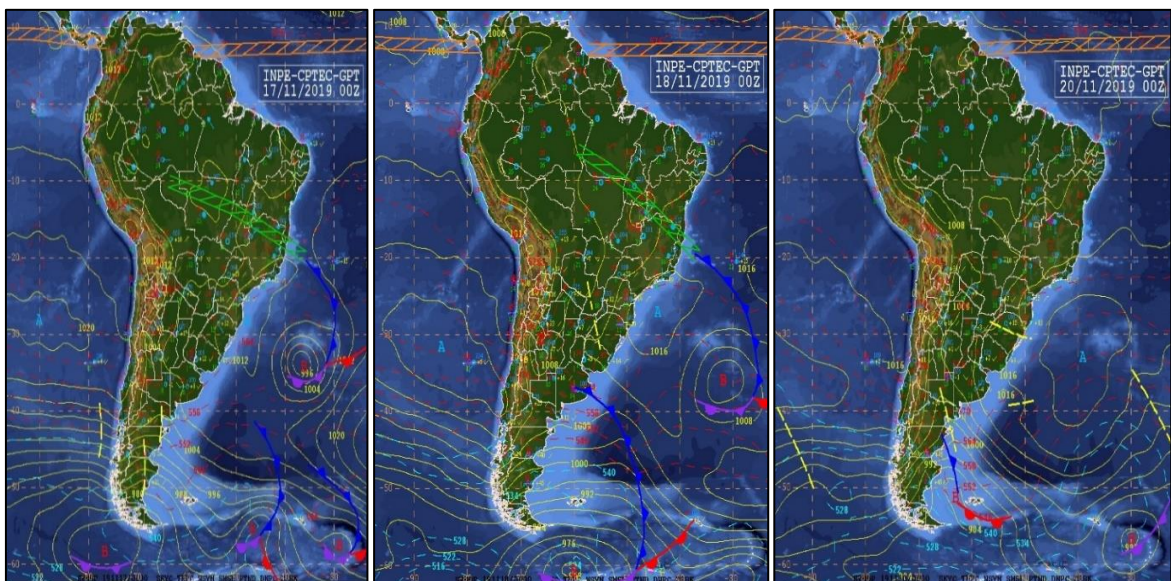
Fonte: PRADO, Leonardo Ferreira; 2020.

**Figura 21:** Carta Sinótica 08,10 e 11 de Outubro de 2019.



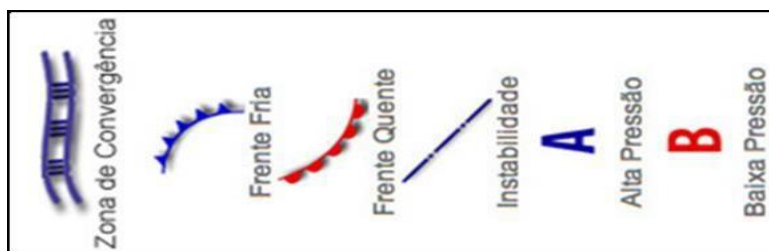
Fonte: PRADO, Leonardo Ferreira; 2020.

**Figura 22:** Carta Sinótica 17,18 e 20 de Novembro de 2019.



Fonte: PRADO, Leonardo Ferreira; 2020.

**Figura 23:** Legenda das Cartas Sinóticas.



Fonte: Climatempo, 2020.

A análise da carta sinótica de superfície da 00Z, nos revelou que a condição atmosférica durante o dia 18/01/2019 em que a amostra do pH da água da chuva nos bairros Jardim Catalão e Pontal Norte no município de Catalão (GO) se revelou levemente ácido através das cartas sinóticas analisamos a condição da atmosférica onde foi notado que a circulação associada à Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e a convergência dos alísios que adentram pelo Nordeste, Norte e parte central do Brasil, observou uma circulação anticiclônica alongada sobre o Oceano Pacífico, Bolívia, Paraguai, centro-sul do Brasil e sobre o oceano Atlântico, ressaltou a presença de um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) centrado sobre o noroeste de MG e GO (CPTEC/INPE, 2019).

Da análise sequencial das cartas sinóticas de superfície da 00Z, do dia 12 a 14 de fevereiro de 2019 observou uma circulação anticiclônica centrada entre o MT, MS e Bolívia, compreendeu a presença de um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) sobre a região nordeste do Brasil, já no dia (13/02), a frente fria avançará até o litoral norte de SP, e também favoreceu o estabelecimento de uma Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) entre o litoral norte de SP, RJ, sul de MG, GO, centro-norte do MT e sul do AM, este sistema meteorológico se manteve até o dia (17/02), caracterizando-se como Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), a partir do dia (14/02) a frente fria começou a se afastar para o oceano, mas o avanço de um cavado em níveis médios reforçou a convergência de umidade em baixos níveis sobre o centro-oeste e sudeste do Brasil mantendo a configuração do canal de umidade, (CPTEC/INPE, 2019).

Dando continuidade no mês de fevereiro a análise sequencial das cartas sinóticas de superfície da 00Z, nos dias 25 a 27 de 2019, foi possível observar uma circulação ciclônica entre MA, PI e TO, outra circulação ciclônica aparece no sul da Bolívia, por outro lado, uma circulação anticiclônica atua entre o sul de GO, nordeste de MS e triângulo mineiro, e também esses dias as instabilidades foram favorecidas pela atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e da termodinâmica e o Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) presente nos últimos dias já encontra-se desconfigurado, na região centro-oeste, as pancadas de chuva são favorecidas pelo escoamento divergente em altos níveis e a combinação de calor e umidade, (CPTEC/INPE, 2019).

Em sequência, nos dias 08 a 11 de outubro de 2019 é possível identificar o cavado entre a média e a alta troposfera seguirá influenciando as condições de tempo em grande parte do centro e sudeste do continente, entre os dias (09/10) e (10/10), o cavado em médios e altos níveis se deslocará mais para leste e ficará com eixo sobre o oceano Atlântico, norte de SP, RJ, sul de MG e sul de GO, deixando o tempo instável e com pancadas de chuva entre essas

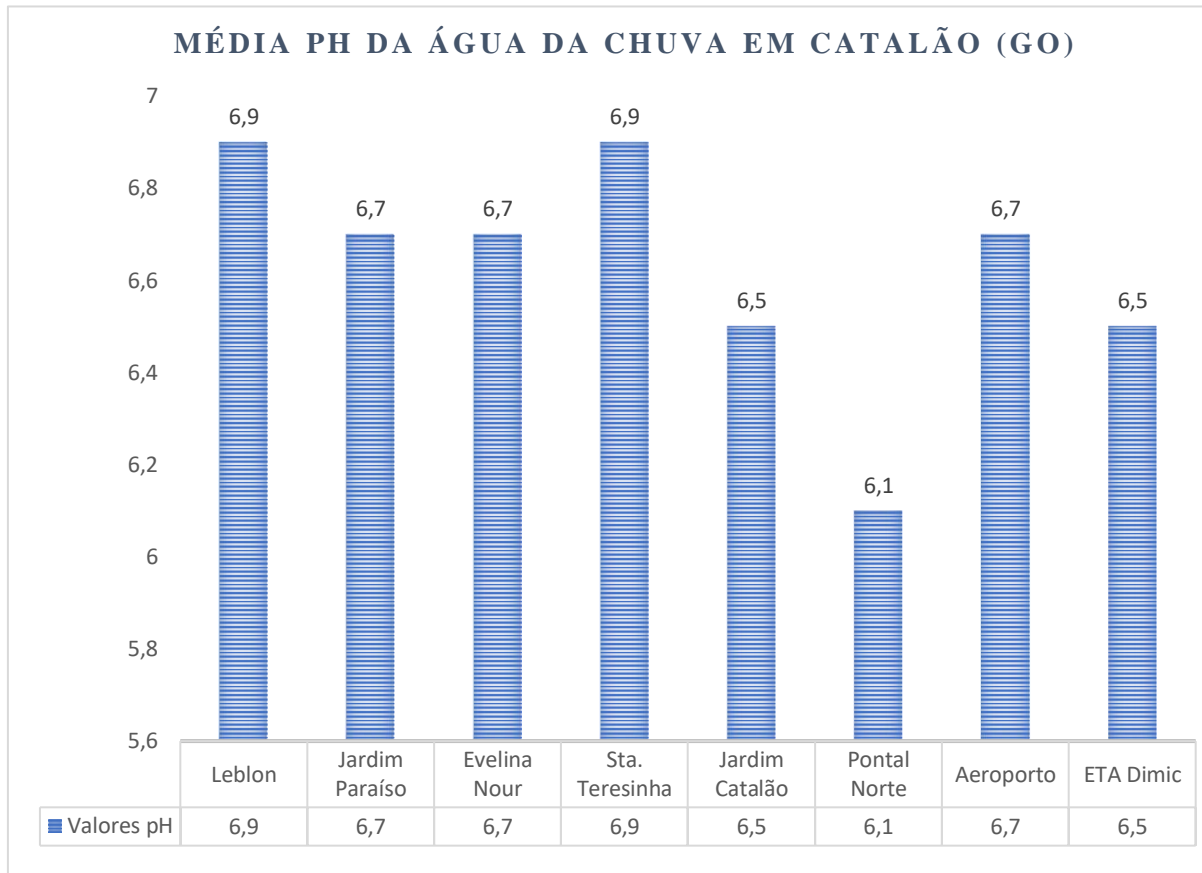
regiões, já para o dia (11/10) através da análise da carta sinótica no leste da região norte e no nordeste do país, o escoamento é determinado pela presença da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) que favoreceu o transporte de ar mais úmido para o interior do continente e houve uma circulação anticiclônica sobre parte do sudeste e centro-oeste, e principalmente, entre o Triângulo Mineiro, sul de Goiás, (CPTEC/INPE, 2019).

Nas análises das cartas sinóticas dos dias 17, 18 e 20 de novembro de 2019 foi possível observar o avanço de um sistema frontal acoplado a um ciclone extratropical no Atlântico à leste da Região Sul contribuirá para a convergência de umidade entre parte do Sudeste ao Centro-Oeste, e manterá o alinhamento da umidade em baixos níveis e a presença da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), e devido a elevada umidade do ar com a presença de cavado na média troposfera e da divergência de massa em 250 hPa favorecerão as chuvas localmente intensas no norte de GO, centro e nordeste de MT e no sudoeste da BA. (CPTEC/INPE, 2019).

Enfim, a análise sinótica geográfica de cartas de tempos foi realizada no sentido da identificação dos sistemas atmosféricos, subsidiando assim a compreensão da sequência de sistemas atmosféricos e dados de superfície, para auxiliar na delimitação do clima regional, Monteiro (1969, p. 64).

Vale destacar que a finalidade da análise rítmica como a caracterização dos diferentes tipos de tempo atmosférico pode ser relacionado através da dinâmica da circulação regional, essa análise permite ter um entendimento da condição da atmosférica durante o período em que as amostras de água da chuva mostraram dados de pH abaixo da legislação.

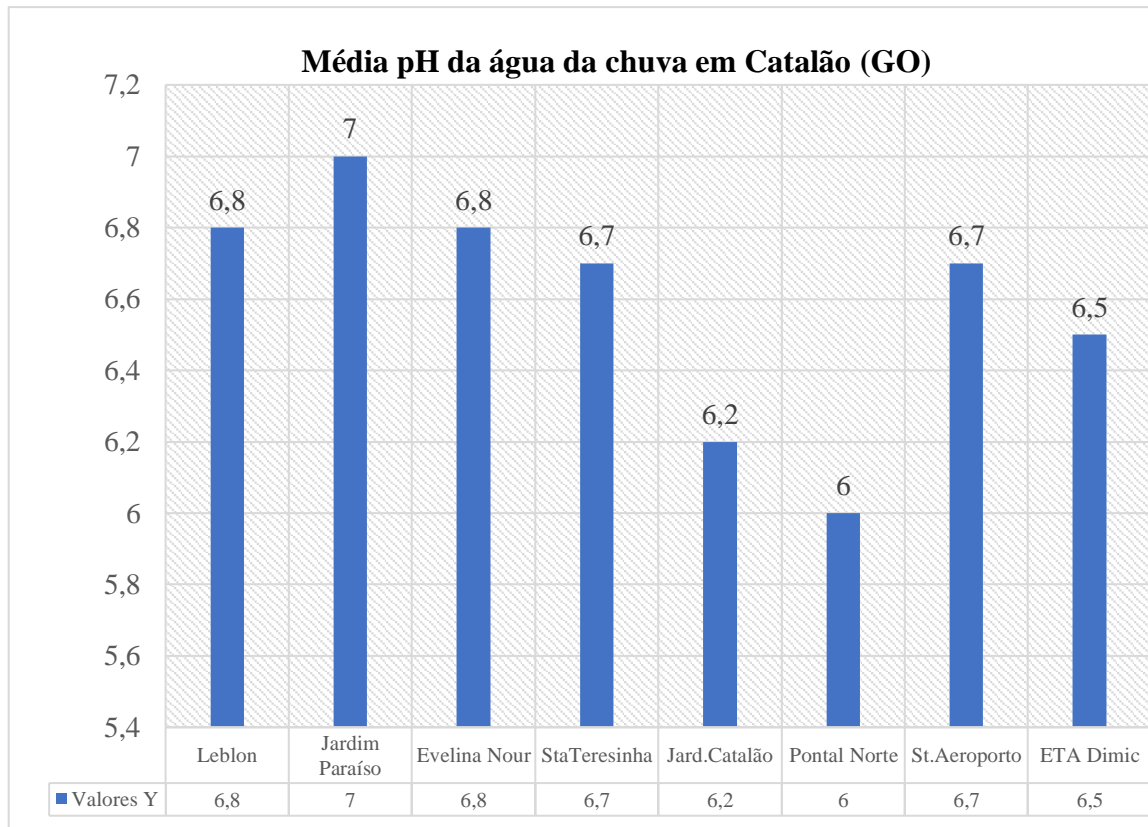
A média dos valores do pH das águas da chuva em Catalão (GO) apresentam valores desiguais nos oito bairros da cidade onde foram coletadas as amostras de água da chuva, apesar da média nos anos de 2018 e 2019 ter exibido números dentro da legislação conforme o parâmetro estabelecido pela legislação em vigor para água de consumo humano, a portaria 2914/2011, ou seja, abaixo da faixa de 6,0 a 9,0, pode-se notar que existem dias em que o valor do pH despertou certa preocupação, devido a acidez da água da chuva nos pontos dos bairros Jardim Catalão e bairro Pontal Norte, como foi mostrado e analisado nos gráficos 01 e 03 dessa pesquisa sendo assim podemos observar os resultados da média do pH da água da chuva em Catalão (GO) nesses dois anos da pesquisa, através dos gráficos 05 e 06 abaixo, de tal modo é de suma importância ressaltar a média do pH da água pluvial coletada nos oito pluviômetros instalados no espaço urbano de Catalão (GO).

**Gráfico 05:** Média do pH das amostras no período de 15/01/2018 a 28/12/2018.

**Fonte:** PRADO, Leonardo Ferreira; 2019.

Os valores das médias do pH das águas da chuva na cidade de Catalão no ano de 2018 foi revelado que nos seus oito locais de coleta os máximos valores foram dos pluviômetros do bairro Leblon pH= (6,9), e do bairro Santa Teresinha pH=(6,9), e o menor valor foi do pluviômetro do bairro Pontal Norte pH= (6,1).

Sendo assim os valores da média do pH da água da chuva no ano de 2018 em Catalão (GO) coletado nos oito bairros da cidade através dos pluviômetros e analisados nos phmetros não apresentaram dados abaixo da legislação em vigor para água de consumo humano, a portaria 2914/2011, ou seja, abaixo da faixa de 6,0 a 9,0, porem vale destacar que tiveram análises que apresentaram em alguns dias os dados de pH da água pluvial classificados em levemente ácido e ácido conforme foi discutidos no gráfico 01.

**Gráfico 06:** Média do pH da água pluvial no período de 01/01/2019 a 30/12/2019.

**Fonte:** PRADO, Leonardo Ferreira; 2020.

Os valores observados da média do pH da água da chuva em Catalão, (GO), estão acima dos limites mínimos encontrados na literatura, o ponto do bairro Pontal Norte se apresentou com menor valor da média de pH da água da chuva em relação aos outros bairros, sendo assim teve destaque uma leve acidez da água da chuva observados em alguns dias dos meses da pesquisa conforme a tabela de pH no anexo 2, mais não apresentou valores preocupantes na média apenas em sete dias do ano de 2019 que o valor do pH ficou levemente ácido e ácido os demais pontos se mantiveram na média, classificados como normais, de acordo com a classificação do pH da água das chuvas em normal maior que 5,6, e levemente ácido (de 5 a 5,6) e ácido menor que 5, Cunha et al. (2009), e também de acordo com a legislação em vigor para água de consumo humano, a portaria 2914/2011, ou seja, abaixo da faixa de 6,0 a 9,0.

### **3.3 – Análises Físico-Químicas: Nitrato, Nitrito, Turbidez e Dureza total.**

As amostras de água da chuva foram levadas para o laboratório de química (LAPAM), onde as análises da água foram analisadas no colorímetro DR/890 foram coletadas e analisadas sete amostras de água da chuva para as análises Físico-Químicas de Nitrato, Nitrito, Turbidez e Dureza total através dos oito pluviômetros instalados nos bairros de Catalão (GO) de ambos os locais amostrados no período de Janeiro a novembro de 2019 os valores encontrados foram para avaliar a qualidade da água da cidade de acordo com os padrões de qualidade da água estabelecidos pela Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde, que estabelece o padrão de potabilidade da água, e também de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 estabelece que a qualidade da água destinada a esse uso deve possuir padrões que atendam aos requisitos da classe 03, quando se tratar de águas doces, ou da classe 01, quando se tratar de águas salobras. Observa-se, porém, que com relação a determinados parâmetros, a Resolução CONAMA 357/05 é mais restritiva que a Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde, que estabelece o padrão de potabilidade da água.

As amostragens da água pluvial foram realizadas nos dias de frequência de pH da água da chuva ácido e levemente ácido valores de pH abaixo de 5,6 classificados como normais, de acordo com a classificação do pH da água das chuvas em normal maior que 5,6, e levemente ácido (de 5 a 5,6) e ácido menor que 5, Cunha et al. (2009), e como estabelece a Portaria 2914/11, as análises Físico-Químicas de Nitrato, Nitrito, Turbidez e Dureza foram levadas para o laboratório de Química (LAPAM) onde durante dez dias foram feitas análises ao longo do período de Janeiro a novembro de 2019 foram constatadas em sete dias dados de turbidez, Nitrato e nitrito acima do valor máximo permitido na legislação, nas tabelas abaixo podemos analisar os valores das análises físico-químicas durante o período da pesquisa.

**Tabela 07:** Análise Físico-Química do mês de Janeiro de 2019.

<b>Data da coleta 18/01/2019</b>	<b>pH</b>	<b>Turbidez (NTU)</b>	<b>Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</b>	<b>Nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)</b>	<b>Dureza Total (CaCO<sub>3</sub>) ppm</b>	<b>Precipitação (MM)</b>
<b>Setor Aeroporto</b>	6,0	0 , 0, 0	0,2, 0,2, 0,2	0, 0, 0	0,32, 0,32, 0,32	18.3
<b>Jardim Paraíso</b>	6,8	3, 3, 3	0,4, 0,4, 0,4	0, 0, 0	0,00	12.1
<b>Pontal Norte</b>	5,3	6, 6, 6	11,5, 11,5, 11,5	2, 2, 2	1,16, 1,16, 1,16	15.7
<b>Jardim Catalão</b>	5,6	5, 5, 5	8,7, 8,7, 8,7	1, 1, 1	1,4, 1,4, 1,4	10.1
<b>ETA Dimic</b>	6,1	3, 3, 3	0,4, 0,4, 0,4	0, 0, 0	3, 3, 3	11.5
<b>Santa Teresinha</b>	6,1	2, 2, 2	0,2, 0,2, 0,2	0, 0, 0	0,16, 0,16, 0,16	11.5
<b>Evelina Nour</b>	6,8	0, 0, 0	0,2, 0,2, 0,2	0, 0, 0	0,00	0.9
<b>Leblon</b>	7,1	2, 2, 2	0,4, 0,4, 0,4	0, 0, 0	0,00	13.7

**Fonte:** PRADO, Leonardo Ferreira; 2020.

Através do colorímetro DR/890 foram feitas análises de turbidez, nitrato, nitrito e dureza total, conforme a tabela acima no mês de Janeiro de 2019 foi feita essa análise físico-química para cada amostra da água da chuva coletada nos bairros no laboratório de química (LAPAM) essas amostras foram colocadas no colorímetro e foi realizada a análise da água repetida três vezes para cada amostra coletada nos oito pluviômetros para uma maior confiabilidade dos dados analisados, os dados analisados no dia 18/01/2019 revelou que o bairro pontal norte possui valores acima do permitido como de turbidez na água de 6,0 NTU, o de nitrato 11,5 mg/L (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e de (NO<sub>2</sub>) nitrito 2 mg/L, de acordo com a Portaria do Ministério da Saúde n° 2914/2011 o valor máximo permitido é turbidez de 5,0 NTU, de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 10 mg/L o de nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) valor máximo permitido de 1 mg/L e o de dureza estabelece o VMP (Valor Máximo Permitido) de 500mg/L.

**Tabela 08:** Análise Físico-Química do dia 12 de Fevereiro de 2019.

Data da coleta 12/02/2019	pH	Turbidez (NTU)	Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> ) ppm	Precipitação (MM)
<b>Setor Aeroporto</b>	6,0	0, 0, 0	0,8, 0,8, 0,8	0, 0, 0	0,00	23.2
<b>Jardim Paraíso</b>	6,9	2, 2, 2	0,6, 0,6, 0,6	0, 0, 0	0,18, 0,18, 0,18	6.1
<b>Pontal Norte</b>	5,4	5, 5, 5	13,5,13,5,13,5	1, 1, 1	1,04, 1,04, 1,04	12.1
<b>Jardim Catalão</b>	5,7	3, 3, 3	12,5,12,5,12,5	1, 1, 1	3,05, 3,05, 3,05	5.2
<b>ETA Dimic</b>	6,5	4, 4, 4	10,8, 10,8, 10,8	1, 1, 1	1,58, 1,58, 1,58	17.3
<b>Santa Teresinha</b>	6,8	0, 0, 0	0,81, 0,81, 0,81	0, 0, 0	0,44, 0,44, 0,44	3.7
<b>Evelina Nour</b>	7,1	0, 0, 0	0,4, 0,4, 0,4	0,5,0,5,0,5	0,00	5.7
<b>Leblon</b>	6,7	2, 2, 2	0,3, 0,3, 0,3	0,2, 0,2, 0,2	0,00	5.4

Fonte: PRADO, Leonardo Ferreira; 2020.

Continuando as análises no colorímetro DR/890 foram feitas análises da água pluvial nos oito pontos de coleta análises físico-química de turbidez, nitrato, nitrito e dureza total no mês de Fevereiro de 2019 essas análises foram feitas em 3 dias no mês conforme o pH da água da chuva de revelou ácido as tabelas 8 a 10 podemos verificar que foram feitas essas análises físico-químicas para cada amostra da água da chuva coletada nos oito bairros e levadas para o laboratório de química (LAPAM) para as amostras colocadas no colorímetro no dia 12/02/2019 conforme a tabela 08 acima revelou que o bairro pontal norte possui valores acima do permitido de nitrato 13,5 mg/L (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) o bairro Jardim Catalão nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 12,5 mg/L, e o setor industrial ETA- Dimic nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) de 10,8 mg/L, de acordo com a Portaria MS n°2914/2011 estabelece que o valor máximo permitido é de 10 mg/L.

**Tabela 09:** Análise Físico-Química do dia 25 de fevereiro de 2019.

Data da coleta 25/02/2019	pH	Turbidez (NTU)	Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	Dureza Total CaCO <sub>3</sub> ppm	Precipitação (MM)
<b>Setor Aeroporto</b>	6,4	0, 0, 0	0,8, 0,8, 0,8	0, 0, 0	0,00	4.5
<b>Jardim Paraíso</b>	7,2	2, 2, 2	0,6, 0,6, 0,6	0, 0, 0	0,38, 0,38, 0,38	4.5
<b>Pontal Norte</b>	4,9	6, 6, 6	14,7,14,7,14,7	3, 3, 3	5,04, 5,04, 5,04	6.7
<b>Jardim Catalão</b>	5,0	3, 3, 3	12,6,12,6,12,6	2, 2, 2	1,78, 1,78, 1,78	5.8
<b>ETA Dimic</b>	6,3	0, 0, 0	0,3, 0,3, 0,3	0, 0, 0	2,40,2,40,2,40	6.1
<b>Santa Teresinha</b>	6,4	3, 3, 3	0,2, 0,2, 0,2	0, 0, 0	0,00	5.3
<b>Evelina Nour</b>	6,5	0, 0, 0	0,1, 0,1, 0,1	0, 0, 0	0,00	1.2
<b>Leblon</b>	6,8	2, 2, 2	0,4, 0,4, 0,4	0, 0, 0	0,00	9.4

Fonte: PRADO, Leonardo Ferreira; 2020.

No dia 25/02/2019 após a análise de pH da água da chuva se revelar ácido nos bairros Pontal Norte e Jardim Catalão as análises físico-químicas foram realizadas no laboratório de Química (LAPAM) e no bairro pontal Norte o valor foi de turbidez de 6,0 NTU, de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 14,7 mg/L e o de nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) 3 mg/L, no bairro Jardim Catalão os valores de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 12,6 mg/L e o de nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) 2 mg/L, esses valores analisados no colorímetro DR/980 e valido ressaltar que cada amostra foi repetida três vezes para uma melhor confiabilidade dos dados apresentados sendo assim o bairro Pontal Norte apresenta valores de turbidez (NTU), Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e de Nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) acima do valor máximo permitido, e o bairro Jardim Catalão apresenta valores de Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e de Nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) acima do valor máximo permitido como estabelece a Portaria do Ministério da Saúde n° 2914/2011 o valor máximo permitido é turbidez de 5,0 NTU, de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 10 mg/L e o de nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) valor máximo permitido de 1 mg/L.

**Tabela 10:** Análise Físico-Química do dia 27 de Fevereiro de 2019.

<b>Data da coleta 27/02/2019</b>	<b>pH</b>	<b>Turbidez (NTU)</b>	<b>Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</b>	<b>Nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)</b>	<b>Dureza Total CaCO<sub>3</sub> ppm</b>	<b>Precipitação (MM)</b>
<b>Setor Aeroporto</b>	6,5	0, 0, 0	0,7, 0,7, 0,7	0, 0, 0	0,00	5.1
<b>Jardim Paraíso</b>	7,1	1, 1, 1	0,6, 0,6, 0,6	0, 0, 0	0,18, 0,18, 0,18	5.3
<b>Pontal Norte</b>	5,5	6, 6, 6	11,7,11,7,11,7	2, 2, 2	2,04, 2,04, 2,04	12.7
<b>Jardim Catalão</b>	5,6	3, 3, 3	10,5,10,5,10,5	1, 1, 1	1,64, 1,64, 1,64	10.3
<b>ETA Dimic</b>	6,4	0, 0, 0	0,7, 0,7, 0,7	1, 1, 1	0,40,0,40,0,40	8.5
<b>Santa Teresinha</b>	6,5	3, 3, 3	9,3, 9,3, 9,3	0, 0, 0	0,00	11.5
<b>Evelina Nour</b>	7,1	0, 0, 0	0,51, 0,51, 0,51	0, 0, 0	0,00	7.8
<b>Leblon</b>	7,1	1, 1, 1	0,45, 0,45, 0,45	0, 0, 0	0,40,0,40,0,40	10.2

**Fonte:** PRADO, Leonardo Ferreira; 2020.

Na terceira amostra do mês de fevereiro do dia 27/02/2019 após a análise de pH da água da chuva se apresentar levemente ácido no bairros Pontal Norte as análises físico-químicas foram realizadas no laboratório de Química (LAPAM) e no bairro Pontal Norte o valor foi de turbidez de 6,0 NTU, de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 11,7 mg/L e o de nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) 2 mg/L, e no bairro Jardim Catalão o valor de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 10,5 mg/L, esses valores analisados no colorímetro DR/980 e sendo assim o bairro Pontal Norte apresenta valores de turbidez (NTU), Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e de Nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) acima do valor máximo permitido, e o bairro Jardim Catalão apresenta o valor de Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) um pouco acima do valor máximo permitido como estabelece a Portaria do Ministério da Saúde n° 2914/2011 o valor máximo permitido é turbidez de 5,0 NTU, de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 10 mg/L e o de nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) valor máximo permitido de 1 mg/L.

Para os dias de 01/03/2019 a 10/10/2019 foram realizadas vinte e duas análises de água da chuva efetuadas no laboratório de Climatologia (CPTPI) analisadas nos phmetros

conforme podemos observar no anexo 2 não tivemos amostras da água da chuva com o pH apresentando valores abaixo da legislação, sendo assim durante esse período não foram realizadas análises físico-químicas de turbidez, nitrato, nitrito e dureza total.

**Tabela 11:** Análise Físico-Química do mês de Outubro de 2019.

Data da coleta 11/10/2019	pH	Turbidez (NTU)	Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	Dureza Total CaCO <sub>3</sub> ppm	Precipitação (MM)
<b>Setor Aeroporto</b>	5,9	0, 0, 0	0,9, 0,9, 0,9	0, 0, 0	0,00	17.5
<b>Jardim Paraíso</b>	6,8	2, 2, 2	0,9, 0,9, 0,9	0, 0, 0	0,18, 0,18, 0,18	12.1
<b>Pontal Norte</b>	5,3	6, 6, 6	13,8,13,8,13,8	4, 4, 4	8,04, 8,04, 8,04	11.4
<b>Jardim Catalão</b>	5,6	6, 6, 6	11,5,11,5,11,5	2, 2, 2	6,14, 6,14, 6,14	7.8
<b>ETA Dimic</b>	6,0	0, 0, 0	7,41, 7,41,7,41	1, 1, 1	1,40,1,40,1,40	13.5
<b>Santa Teresinha</b>	6,6	3, 3, 3	8,4,8,4,8,4	0, 0, 0	0,00	9.7
<b>Evelina Nour</b>	6,6	0, 0, 0	0,91, 0,91, 0,91	0, 0, 0	0,44, 0,44, 0,44	16.4
<b>Leblon</b>	6,2	2, 2, 2	0,4, 0,4, 0,4	0, 0, 0	0,00	12.3

Fonte: PRADO, Leonardo Ferreira; 2020.

No dia 11/10/2019 após o diagnóstico de pH da água da chuva se revelar levemente ácido no bairro Pontal Norte as análises físico-químicas foram realizadas no laboratório de Química (LAPAM) e o bairro Pontal Norte obteve valor de turbidez de 6,0 NTU, de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 13,8 mg/L e o de nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) 4 mg/L, já no bairro Jardim Catalão os valores de turbidez 6,0 NTU, valores de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 11,5 mg/L e o de nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) 2 mg/L, esses valores analisados no colorímetro DR/890 e vale ressaltar que cada amostra foi repetida três vezes para uma melhor confiabilidade dos dados exibidos, sendo assim os bairros Pontal Norte e Jardim Catalão apresentam valores de turbidez (NTU), Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e de Nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) acima do valor máximo permitido, como estabelece a Portaria do Ministério da Saúde n° 2914/2011 o valor máximo permitido é turbidez de 5,0 NTU, de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 10 mg/L e o de nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) valor máximo permitido de 1 mg/L.

**Tabela 12:** Análise Físico-Química do dia 17 de Novembro de 2019.

Data da coleta 17/11/2019	pH	Turbidez (NTU)	Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> ) ppm	Precipitação (MM)
<b>Setor Aeroporto</b>	5,9	2, 2, 2	9,2, 9,2, 9,2	2, 2, 2	0,00	1.3
<b>Jardim Paraíso</b>	6,9	0, 0, 0	0,5, 0,5, 0,5	0, 0, 0	0,00	1.5
<b>Pontal Norte</b>	5,5	2, 2, 2	10,8, 10,8, 10,8	2, 2, 2	8,33, 8,33, 8,33	1.4
<b>Jardim Catalão</b>	5,6	0, 0, 0	8,2, 8,2, 8,2	2, 2, 2	6,40, 6,40, 6,40	2.2
<b>ETA Dimic</b>	6,3	3, 3, 3	9,4, 9,4, 9,4	0, 0, 0	1,84, 1,84, 1,84	1.8
<b>Santa Teresinha</b>	6,9	0, 0, 0	0,2, 0,2, 0,2	0, 0, 0	0,00	1.4
<b>Evelina Nour</b>	6,8	0, 0, 0	0,1, 0,1, 0,1	0, 0, 0	0,00	2.1
<b>Leblon</b>	6,1	0, 0, 0	4,3, 4,3, 4,3	0, 0, 0	1,44, 1,44, 1,44	1.7

Fonte: PRADO, Leonardo Ferreira; 2020.

Prosseguindo com as análises no colorímetro DR/890 foram feitas análises do pH da água pluvial no dia 17/11/2019 nos oito pontos de coleta da água da chuva e o pH se revelou levemente ácido no bairro Pontal Norte assim sendo as análises físico-químicas foram realizadas no laboratório de Química (LAPAM) através do colorímetro DR/980 e o bairro Pontal Norte obteve valor de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 10,8 mg/L e de nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) 2 mg/L, já no bairro Jardim Catalão o valor de nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) 2 mg/L, e o Setor Aeroporto apresentou o valor de nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) 2 mg/L, todos esses valores estão acima do valor máximo permitido como estabelece a Portaria do Ministério da Saúde nº 2914/2011 o valor máximo permitido é turbidez de 5,0 NTU, de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 10 mg/L e o de nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) valor de 1 mg/L.

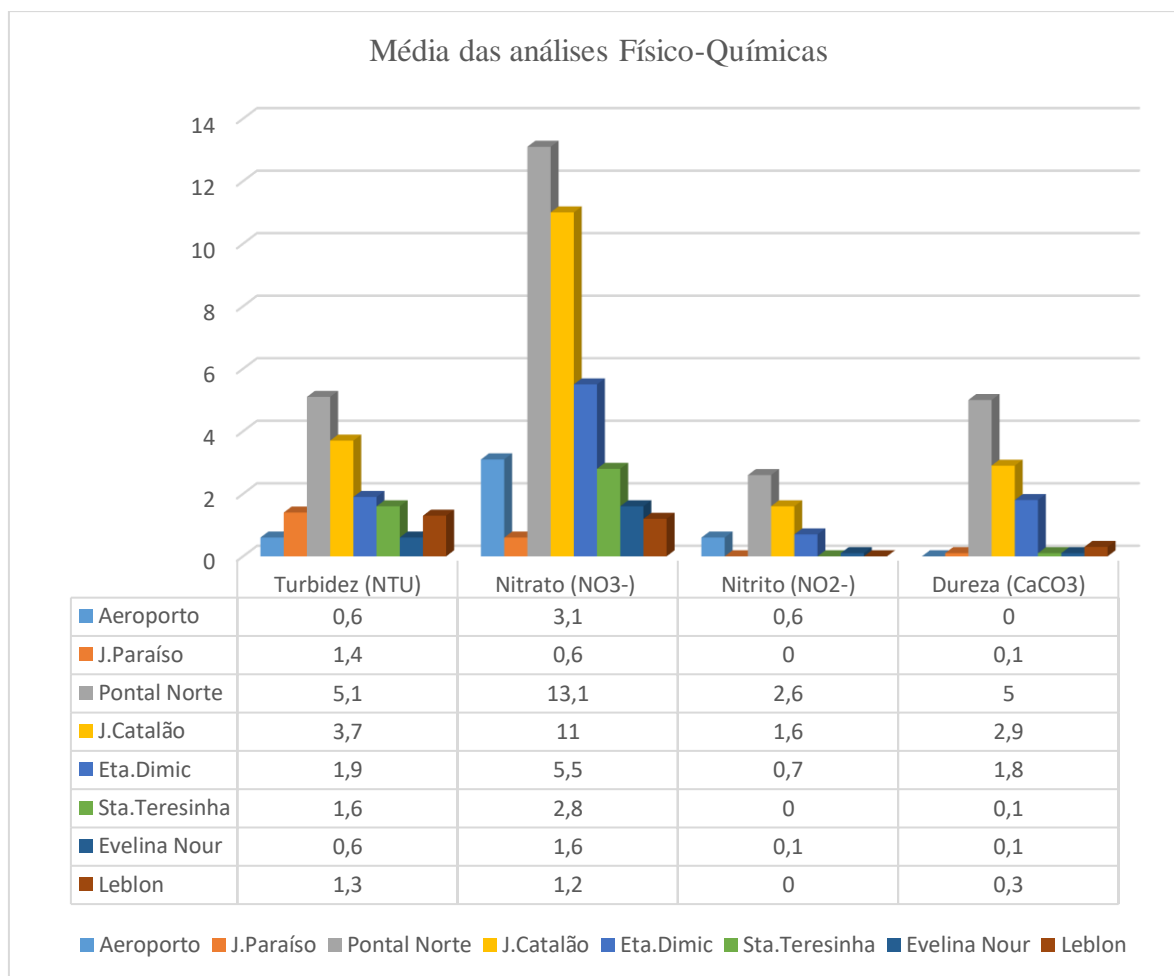
**Tabela 13:** Análise Físico-Química do dia 18 de Novembro de 2019.

Data da coleta 18/11/2019	pH	Turbidez (NTU)	Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> ) ppm	Precipitação (MM)
<b>Setor Aeroporto</b>	5,8	2, 2, 2	9,4, 9,4, 9,4	2, 2, 2	0,00	60.5
<b>Jardim Paraíso</b>	7,1	0, 0, 0	0,5, 0,5, 0,5	0, 0, 0	0,00	28.6
<b>Pontal Norte</b>	4,8	5, 5, 5	15,8, 15,8, 15,8	4, 4, 4	9,33, 9,33, 9,33	28.9
<b>Jardim Catalão</b>	5,0	6, 6, 6	13,2, 13,2, 13,2	2, 2, 2	6,32, 6,32, 6,32	35.3
<b>ETA Dimic</b>	6,1	3, 3, 3	9,2, 9,2, 9,2	2, 2, 2	1,84, 1,84, 1,84	39.8
<b>Santa Teresinha</b>	5,9	0, 0, 0	0,4, 0,4, 0,4	0, 0, 0	0,00	43.8
<b>Evelina Nour</b>	6,6	1, 1, 1	0,5, 0,5, 0,5	0, 0, 0	0,00	53.8
<b>Leblon</b>	6,8	0, 0, 0	2,4, 2,4, 2,4	0, 0, 0	0,40, 0,40, 0,40	45.2

Fonte: PRADO, Leonardo Ferreira; 2020.

Continuando com as análises no colorímetro DR/890 foram feitas análises do pH da água pluvial nos pluviômetros e no dia 18/11/2019 nos oito pontos de coleta da água da chuva e o pH se revelou ácido nos bairros Pontal Norte e Jardim Catalão assim sendo as análises físico-químicas foram realizadas no laboratório de Química (LAPAM) através do colorímetro DR/980 e o bairro Pontal Norte obteve valor de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 15,8 mg/L e de nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) 4 mg/L, já no bairro Jardim Catalão os valores de turbidez 6,0 NTU, o valor de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 13,2 mg/L e o valor de nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) 2 mg/L, e o Setor Aeroporto apresentou o valor de nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) 2 mg/L, todos esses valores estão acima do valor máximo permitido como estabelece a Portaria do Ministério da Saúde nº 2914/2011 o valor máximo permitido é turbidez de 5,0 NTU, de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 10 mg/L e o de nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) valor de 1 mg/L.

Através dos dados das análises físico-químicas da água da chuva no período de 18/01/2019 a 18/11/2019 foram analisadas sete amostras com o pH levemente ácido e ácido no laboratório de Química (LAPAM) amostras de água pluvial coletadas nos oito pluviômetros instalados nos bairros de Catalão (GO) podemos verificar com o gráfico 07 a média das análises físico-químicas de turbidez, nitrato, nitrito e dureza.

**Gráfico 07:** Média das análises Físico-Químicas, (NTU), (NO<sub>3</sub>-), (NO<sub>2</sub>-) e (CaCO<sub>3</sub>).

**Fonte:** PRADO, Leonardo Ferreira; 2020.

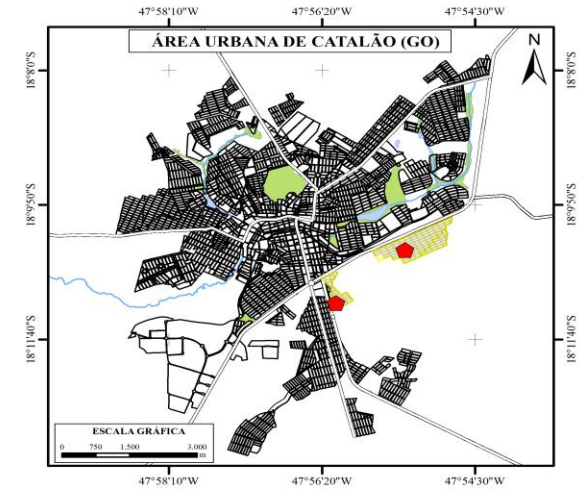
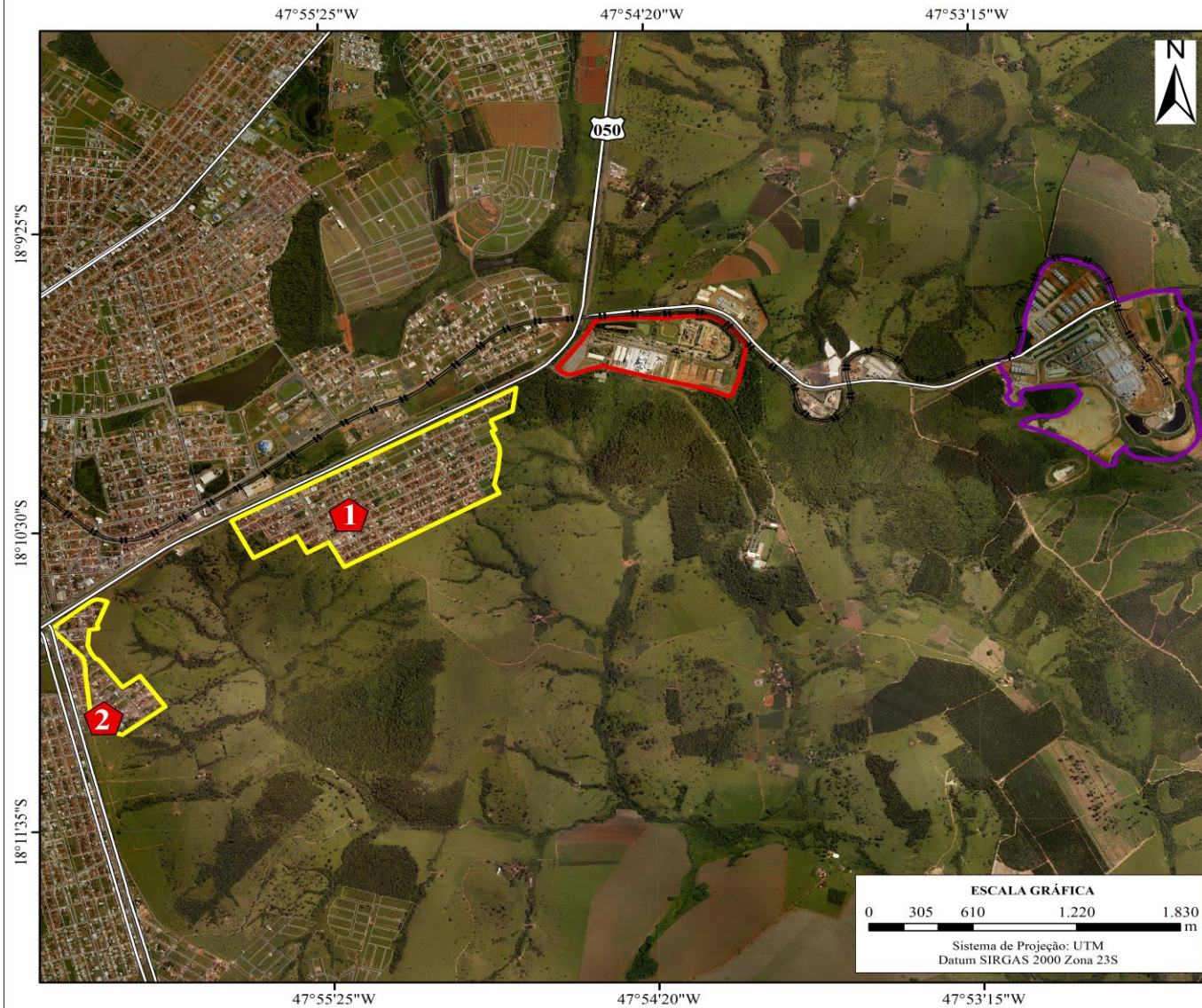
Os valores observados na média de turbidez, nitrato, nitrito e dureza das sete análises físico-químicas da água da chuva em Catalão (GO) foi revelado que nos seus oito locais de coleta dois bairros apresentaram os valores acima da legislação foram dos pluviômetros do bairro Pontal Norte com o valor de nitrato (NO<sub>3</sub>-) 13,1 mg/L, o valor de nitrito (NO<sub>2</sub>-) 2,6 mg/L e o valor de turbidez 5,1 NTU e do bairro Jardim Catalão com o valor de nitrato (NO<sub>3</sub>-) 11 mg/L e o valor de nitrito (NO<sub>2</sub>-) 1,6 mg/L, todos esses valores estão acima do valor máximo permitido como estabelece a portaria do Ministério da Saúde n° 2914/2011 o valor máximo permitido é turbidez de 5,0 NTU, de nitrato (NO<sub>3</sub>-) 10 mg/L, o de nitrito (NO<sub>2</sub>-) valor de 1 mg/L, e o de dureza o valor máximo permitido de 500mg/L.

Já os demais seis pontos os valores estão abaixo do valor máximo permitido portanto a média das análises de turbidez, nitrato, nitrito e dureza da água da chuva no ano de 2019 em Catalão (GO) coletados nesses bairros da cidade através dos pluviômetros e analisados no colorímetro DR/890 não apresentaram dados acima da legislação em vigor da água a portaria

2914/2011, ou seja, abaixo da faixa de valor máximo permitido de turbidez 5,0 NTU, de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) 10 mg/L o de nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) valor máximo permitido de 1 mg/L e o de dureza estabelece o valor máximo permitido de 500mg/L.

Porém, vale destacar que esses dois bairros Pontal Norte e Jardim Catalão que apresentaram valores de análises físico-químicas da água da chuva de pH, turbidez, nitrato e nitrito acima da legislação através do mapa 3 abaixo podemos ter a noção da distância dos bairros Pontal Norte e Jardim Catalão da entrada do terminal da empresa de mineração.

**MAPA 3: LOCALIZAÇÃO DOS PLUVIÔMETROS PRÓXIMOS A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO**



**Legenda:**

- Ponto 1: Pontal Norte
- Ponto 2: Jardim Catalão
- CMOC Brasil - Copebras Catalão
- Mosaic Fertilizantes - Complexo Minerquímico de Catalão
- Bairros com pluviômetros
- Vias Principais
- Ferrovia

**Fonte:**

PRADO, Leonardo Ferreira, Pesquisa de Campo, 2019. Plano Diretor de Ordenamento Territorial de Catalão, 2016. Imagem de Satélite Landsat 8 (2019).

**Organização:**

Leonardo Ferreira Prado

**Geoprocessamento:**

Paulo César Pereira Matos, 2020.



O fato desses dois bairros estarem perto das atividades de mineração de duas empresas pode ter contribuído para que os valores de pH, turbidez, nitrato e nitrito terem apresentados valores acima do valor máximo permitido como estabelece a Portaria do Ministério da Saúde nº 2914/2011. Durante o período da pesquisa os moradores do bairro pontal norte relatavam que sentiam um cheiro de “barata” e que as chaminés da empresa soltavam grandes quantidades de fumaça preta e branca.

Sendo assim através do relatório de fiscalização ambiental (RFA) protocolado na Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SEMMAC), pode-se analisar que o registro de denúncias de mau cheiro de barata foi apurado que nos registros do Departamento de Fiscalização Ambiental (DFA), no ano de 2019, o registro de 05 denúncias referente ao denominado “cheiro de barata”, conforme o anexo 3.

No relatório de fiscalização ambiental (RFA) também foi apurado que no dia 13 de fevereiro de 2019 foi realizado o atendimento de denúncia de emissão de grande quantidade de fumaça branca pela chaminé da empresa Mosaic Fertilizantes P&K LTDA, no dia 29 de maio e 18 de novembro de 2019 foi realizado o atendimento de denúncia de odor denominado “cheiro de amônia” no bairro Pontal Norte, e no dia 05 de junho de 2019 foi realizado o atendimento de denúncia de emissão de fumaça preta pela chaminé da empresa Mosaic Fertilizantes P&K LTDA.

Conforme foi apontado no relatório de fiscalização ambiental (RFA) no anexo 3, o registro das denúncias na (SEMMAC) nos meses de Janeiro, fevereiro, outubro e novembro durante esses meses e os dias que tiveram as denúncias foram o mesmo período da pesquisa onde os bairros Pontal Norte e Jardim Catalão apresentaram valores das análises físico-químicas acima da legislação sendo assim conforme a relação dos dias das denúncias com os dias da pesquisa podemos observar que o dia 18/11/2019 foi o que houve denúncia de odor denominado “cheiro de amônia” no bairro Pontal Norte e também conforme já foi mostrado na tabela 10 e 11 um dia antes da denúncia os dados já mostravam certa preocupação conforme a pesquisa mostrou que os dados das análise físico-químicas da água pluvial estava acima da legislação portaria nº 2914/2011.

Os outros dias das denúncias como está no relatório de fiscalização ambiental (RFA) no anexo 3 ficaram muito próximos em relação aos dias da pesquisa das análises físico-químicas como foi mostrado nas tabelas 06 a 09, durante esses sete dias que mostraram que a pesquisa das análises físico-químicas da qualidade da água pluvial em Catalão (GO) estava

com valores acima da legislação em vigor da água a portaria do Ministério da Saúde n° 2914/2011.

Enfim é importante destacar que o município de Catalão (GO) possui uma estação de monitoramento da qualidade do ar atmosférico onde um estudo realizado por Sousa (2018) em Catalão (GO) sobre o material particulado onde foram realizadas 30 amostragens de material particulado inalável (MP10) ao longo do período de estudo que compreendeu os meses de agosto de 2017 a março de 2018, no campus da UFG-RC e Centro da cidade de Catalão (GO), através do equipamento AGV MP10.

Segundo Sousa (2018) foram analisados que as concentrações de ambos os locais de estudo ficaram em conformidade com a legislação nacional, no entanto, há uma ressalva em relação às recomendações da OMS, pois foram ultrapassadas algumas vezes durante o estudo, sendo assim, uma vez que existe a presença de MP10 no município de Catalão, ocorre a necessidade da implementação dos padrões referentes a este MP, para, assim, promover mais esclarecimento à sociedade com relação à situação da qualidade do ar na cidade, bem como para o estado de Goiás. Portanto, a nível nacional a qualidade do ar na cidade de Catalão (GO) está satisfatória, (SOUSA,2018).

#### 4 – CONCLUSÕES

Foram realizadas 98 amostragens de água da chuva para análise de pH potencial hidrogeniônico que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade da solução aquosa, ao longo do período de estudo que compreendeu os meses de janeiro de 2018 a dezembro de 2019, nos bairros Pontal norte, Jardim Catalão, Santa Teresinha, Distrito Mínero-Industrial de Catalão (Dimic), Evelina Nour, Leblon e Aeroporto da cidade de Catalão (GO), amostras coletadas através dos pluviômetros e analisadas no laboratório de Climatologia (CPTPI) através dos phmetros pHep e PHS-3.

As análises de pH da água da chuva em Catalão (GO) nesse período em ambos os locais de estudo ficaram em conformidade com a legislação em vigor para água de consumo humano, a portaria 2914/2011. Ou seja, dentro da faixa de 6,0 a 9,0. No entanto, a pesquisa revelou que por mais que a média apresentou valores dentro da legislação notou-se em que há dias em que o pH da água pluvial mostrou certa preocupação, durante o ano de 2018 foram analisadas cinco amostras com pH no limite ou abaixo do permitido na legislação nos bairros Pontal Norte e Jardim Catalão, já para o ano de 2019 foram analisadas sete amostras nos bairros Pontal Norte e Jardim Catalão com o pH abaixo da classificação da água das chuvas em normal maior que 5,6, e levemente ácido (de 5 a 5,6) e ácido menor que 5, Cunha et al. (2009), e também conforme a legislação portaria 2914/2011.

Ao mesmo tempo foram realizadas análises físico-químicas da água da chuva em Catalão (GO) as amostras de água da chuva que apresentaram pH abaixo da legislação foram levadas para o laboratório de química (LAPAM), onde a água foi analisada para sete amostras de água da chuva nos pluviômetros instalados nos bairros da cidade de Catalão (GO) para as análises Físico-Químicas de Nitrato, Nitrito, Turbidez e Dureza total de ambos os locais amostrados no período de Janeiro a novembro de 2019 os valores encontrados na média em geral foi revelado que dois bairros Pontal Norte e Jardim Catalão apresentaram os valores de turbidez, nitrato, nitrito acima do permitido como estabelece a legislação portaria 2914/2011.

Desde o começo da pesquisa conforme os dados foram coletados e analisados as amostragens dos bairros Pontal Norte e Jardim Catalão já vinham sinalizando em alguns dias que os resultados das análises de pH se revelaram abaixo da legislação em vigor da qualidade da água da chuva, sendo assim conforme a pesquisa foi tendo seu desfecho a população desses dois bairros da cidade de Catalão (GO) reclamava sempre de um mau cheiro que eles denominaram “cheiro de barata”, através dessas reclamações dos moradores desses bairros foram sentidos também esse odor indesejado em outros bairros da cidade, os quais foram

obtidos por meio da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Catalão os dados de denúncia.

Os Bairros Pontal Norte e Jardim Catalão ficam próximos das atividades de mineração das empresas Mosaic Fertilizantes P&K LTDA, e CMOC Brasil Copebras Catalão, segundo o relatório de fiscalização Ambiental (RFA) protocolado na secretaria municipal de meio ambiente (SEMMAC) que através do departamento de fiscalização ambiental (DFA), no ano de 2019, o registro de cinco denúncias referente ao denominado “cheiro de barata, além disso foram realizados atendimentos de denúncias de grande quantidade de fumaça branca e preta pela chaminé da empresa Mosaic Fertilizantes P&K LTDA.

Conclui-se que é de grande importância o monitoramento da qualidade da água pluvial em áreas urbanas através das análises físico-químicas visando obter subsídios técnicos a fim de propor medidas de mitigação.

O diagnóstico sobre a avaliação físico-química da água da pluvial em Catalão, é que o monitoramento contínuo e detalhado da chuva ácida na cidade de Catalão é fundamental para iniciar a qualidade ambiental na região de Catalão e nas cidades de Ouvidor (GO) e Goiandira (GO), que ficam nas suas proximidades.

A pesquisa revelou que Catalão apresenta dois bairros que mostraram dados que geram uma certa preocupação das análises físico-químicas de turbidez, nitrato e nitrito, mas em relação as chuvas não apresentaram dados que comprovem a alta acidez, vale ressaltar e alertar sobre os efeitos da chuva ácida, esta pode prejudicar e deteriorar as edificações, construções, meio ambiente, água e solo. Nota-se também que a cidade de Catalão está em expansão urbana, industrial e desenvolvimento de grandes empresas de mineração, com o aumento de veículos e atividades industriais, a poluição do ar tende a aumentar, essa poluição pode contribuir nas emissões dos elementos acidificantes.

Levando em conta os resultados encontrados concluiu-se que é possível utilizar a água da chuva para fins não potáveis, porque se observou na comparação dos resultados com a legislação em vigor da água para consumo humano a portaria do Ministério da Saúde nº 2914/2011, da água potável e com a análise físico-químicas da água da chuva na cidade de Catalão, foi importante para o diagnóstico que a água das amostras dos bairros Pontal Norte e Jardim Catalão se revelou com valores acima da legislação sendo assim imprópria para se fazer o consumo humano dessa água, os outros bairros da pesquisa mostraram valores dentro do permitido para se fazer o uso potável e não potável da água da chuva mas conforme dois bairros já apresentaram dados preocupantes e denúncias estão sendo feitas na SEMMAC sobre o denominado “cheiro de barata” e grandes emissões de fumaça conforme o relatório

(RFA) podemos concluir que o melhor uso para a água da chuva da cidade de Catalão é o não potável, o estudo detalhado contribui para avaliar a qualidade da água da chuva através de análises físico-químicas de pH, nitrato, nitrito, dureza e turbidez.

Por fim, enquanto Geógrafo e pesquisador, pois o trabalho aponta a utilização de um objetivo, diagnóstico, prognóstico, alternativas, propostas e uma avaliação da expansão urbana e no manejo de um território, avaliamos que realizamos uma pesquisa com qualidade e dedicação. Ressaltamos que nenhuma pesquisa se encerra ao seu final, pois ela é sempre a continuidade de discussões anteriores propostas por outros pesquisadores e também abre portas para que outros trabalhos se desenvolvam a partir dela.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

AMORIM, M.C. de C. T. **O clima urbano de Presidente Prudente/SP**. São Paulo, 2000. 378p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas – USP.

ANDRADE, H.; **O clima Urbano – Natureza, escalas de análise e aplicabilidade**. Finisterra, XL.; 80, 2005, p. 67-91.

ALMEIDA, Ivo Torres de. **A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto**. São Paulo, 1999. 194p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas.

ARRAIS, T. A. **Geografia contemporânea de Goiás**. Goiânia: Vieira, 2004 BENJAMIN, W. **Passagens**. Belo Horizonte: Ed. UFMG; São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2006.

ASSUNÇÃO, J. V. **Poluição atmosférica**. In: CASTELLANO, E. G. ed. **Desenvolvimento sustentado: problemas e estratégias**. São Paulo, Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1998. P. 271-308.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 11 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

BARCELLOS, F. C.; MORENO, R. A.; SILVA, L. C. D.; SILVA, L. A. **Poluição do ar por fontes fixas nos municípios brasileiros**. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, VI, 2005, Brasília (DF), **Anais...** Brasília (DF): SBEE, 2005, 20 p.

BAINES, John. **Chuva Ácida**. 3. ed. São Paulo: Scipione, 1997. (Coleção Preserve o Mundo). 46 p.

BAINES, J. **Chuva Ácida**. São Paulo: Scipione, 1992.

BRAGA, Benedito; SPENCER, Milton, **Introdução a engenharia ambiental**. Editora Pearson Education do Brasil, São Paulo, 2004.

BRENA, Nilson Antonio. **A chuva Ácida e os seus Efeitos sobre as Florestas**. São Paulo: N. A. Brena, 2002. 74 p.

BRITO, H. P. **Análise das emissões atmosféricas geradas por veículos automotores em Natal-RN**. Natal, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – UFRN, 2005. Dissertação de mestrado, 42 p.

BARRY, R. G. & CHORLEY, R. J. **Atmosfera, Tempo e Clima**. 9ª edição, 2012.

BROWN, I.F. et al. **Comportamento de Na, K, Ca, SO e pH em águas fluviais da Floresta**

**da Tijuca.** In: Reunião Anual da SBPC, Belém, Pará, 1983.

CARDOSO, M.R.D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. **Caracterização da temperatura do ar no Estado de Goiás e no Distrito Federal.** *Revista Brasileira de Climatologia*, v. XI, p. 119-134, 2013. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/revistaabclima/article/view/28923/20850>>. Acesso em: 04 dez.2018.

CARDOSO, M.R.D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. **Classificação Climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal.** *Acta Geográfica (UFRR)*, v. 8, p. 40-55, 2014. Disponível em: <<http://revista.ufr.br/index.php/actageo/article/view/1384/1480>>. Acesso em: 03 dez.2018.

CASTRO, Maria da Glória da Silva. **A Chuva Ácida na Cidade de São Paulo.** 1993. 187f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

CANÇADO, J. E. D.; BRAGA, A.; PEREIRA, L. A. A.; ARBEX, M. A.; SALDIVA, P.H. N.; SANTOS, U. P. **“Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica”.** *J Bras Pneumol.* 32: S5-S11, 2006.

CAO, S.; DUAN, X.; ZHAO, X.; WANG, B.; MA, J.; FAN, D.; SUN, C.; HE, B.; WEI, F.; JIANG, G. **“Health risk assessment of various metal(loid)s via multiple exposure pathways on children living near a typical lead-acid battery plant, China”.** *Environmental Pollution*, 200: 16-23, 2015.

CETESB – **Companhia ambiental do Estado de São Paulo.**  
<<http://ar.cetesb.sp.gov.br/poluentes/>> Acessado em 21 novembro 2018.

CORRÊA, Roberto Lobato. **O espaço urbano.** São Paulo: Ática, 1995.

\_\_\_\_\_. Sobre agentes sociais, escala e produção do espaço: um texto para discussão. In: CARLOS, Ana Fani Alessandri et. al. **A produção do espaço urbano: agentes e processos, escalas e desafios**, São Paulo: Contexto, 2011.

CONTI, J. B. **Clima e Meio Ambiente.** São Paulo: Atual, 1998.

CHAVES, M. R. **Descentralização da política de meio ambiente no Brasil e gestão dos recursos naturais no Cerrado goiano.** Tese (doutorado em Geografia) ± Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

CHAUL, N. F. **Caminhos de Goiás:** da construção da decadência aos limites da modernidade. 2. ed. Goiânia: UFG, 2001.

CHAUL, N. F. **História política de Catalão.** Goiânia: Editora da UFG, 1994.

CHAVEIRO. E. F. **Goiânia, uma Metrópole em Travessia.** Tese defendida na Universidade de São Paulo, FFLCH. São Paulo, 2001.

CONCEIÇÃO, F.T, Sardinha DD, Navarro G RB, An-tunes MLP, Angelucci VA (2011) **Rainwater chemical composition and annual atmospheric deposition at Alto Sorocaba Basin (SP)**. Quím. Nova 34: 610-658.

CONCEIÇÃO, F. T.; Sardinha, D. S.; GODOY, L. H.; FERNANDES, A. M.; PEDRAZZI, F. J. M. **Influência sazonal no transporte específico de metais totais e dissolvidos nas águas fluviais da bacia do Alto Sorocaba (SP)**. *Geochimica Brasiliensis*. 2015.

COWLING, E.B. **Acid precipitation in historical perspective**. Science Technol, (Washington D.C), v. 16 , n 2 , p. 110 - 123 , 1982.

CUNHA, Gilberto Rocca et al. **Dinâmica do pH das chuvas em Passo Fundo, RS**. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.44, p.339-346, abr. 2009.

DIAS, I. C. S. **Estudo da viabilidade técnica, econômica e social do aproveitamento de água de chuva em residências na cidade de João Pessoa**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2006.

FARIAS, C. E. G. **Mineração e meio ambiente no Brasil**. Brasília (DF): CGEE-PNUD, 2002. Disponível em < [http://www.cgee.org.br/arquivos/estudo011\\_02.pdf](http://www.cgee.org.br/arquivos/estudo011_02.pdf)>. Acesso em 18/10/2018.

FIA, R.; FRIZZARIM, S. S; FIA F. R. L. **Análise Qualitativa de Poluentes na Água das Chuvas em Lavras – MG**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 8 n.2, p.269-278, 2013.

FERREIRA. I. M. **O afogar das Veredas: uma análise comparativa espacial e temporal das Veredas do Chapadão de Catalão (GO)**. 2003. 242 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2003.

FELTRE, Ricardo – **Química** / Ricardo Feltre – 6. ed. – v.2. – Físico Química - São Paulo: Moderna, 2004.

GOMES, Patrícia Morais et al. **Diagnóstico do Ensino da Climatologia nas Escolas Referências da Rede Estadual de Ensino: O Estudo do Caso de Juiz de Fora – MG**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, VII, 2006, Rondonópolis. Anais... Rondonópolis: Universidade Federal de Mato Grosso / Associação Brasileira de Climatologia, 2006.

GOIÁS (Estado). Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. **Caracterização Climática do Estado de Goiás**. Por Silvando Carlos da Silva, Neiva Maria Pio de Santana, José Cardoso Pelegrini. 133 p. il. (Série Geologia e Mineração n. 3), Goiânia, 2006.

HOGAN, D. J. **Condições de vida e morte em Cubatão**. In: VI ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS. Anais... Olinda: Abep, 1988.

\_\_\_\_\_. **População, pobreza e poluição em Cubatão**, São Paulo. In: MARTINE, G. (Org.). *População, meio ambiente e desenvolvimento*. Campinas: Ed. Unicamp, 1993, p. 101-131.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades@** Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=313750>> Acesso em: dezembro de 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/>. Acesso em 08 de abril de 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Centro de Previsão do Tempo e estudos climáticos (CPETC). **Análise Sinótica**. Disponível em: <http://tempo.cptec.inpe.br/boletimtecnico/pt>>. Acesso em: maio de 2018.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ - IAP. **Fontes de poluição atmosférica**. Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=130>>. Acesso em: 10/08/2012.

IMAMURA-BORNSTEIN, I.R. **Observational studies of urban heat island characteristics in different climate zones**. Tsukuba, 1991. 156 p. Phd These (Doctors level) - University of Tsukuba.

JARDIM, C. H. **“Relações entre temperatura, umidade relativa do ar e pressão atmosférica em área urbana: comparação horária entre dois bairros no município de São Paulo – SP**. Geografias, 7: 128-142, 2011.

JTCM Comércio e Tecnologia LTDA. Disponível em: <<http://www.jctm-hidromet.com.br/equipamentos/meteorologia/pluviometro-ville-de-paris-plm-3/>>. Acesso em: 7 de abril de 2017.

JESUS, E. R. **Importância do estudo das chuvas ácidas no contexto da abordagem climatológica**. Dissertação (Mestrado em Climatologia) - Laboratório de Geociências e Climatologia da Universidade Federal da Bahia. Bahia, 28 f, 1996.

KIM, K. H; JAHAN, S. A.; KABIR, E. **“A review on human health perspective of air pollution with respect to allergies and asthma”**. Environment International, 59: 41-52, 2013.

LEAL TFM, FONTENELE APG, PEDROTTI JJ & FORNARO A. 2004. **Composição iônica majoritária de águas de chuva na região central de São Paulo**. Química Nova, 27(6): 855-861.

LEITE, Eduardo Soares. **Sistemas Atmosféricos, Precipitações Intensas e Impactos na Cidade de Uberlândia – MG**. Universidade Federal de Uberlândia, Dissertação (Mestrado). Uberlândia/MG, 2019. 182p.

LIMA, V. B. de. **Os caminhos da urbanização/mineração em Goiás: o estudo de Catalão (1970-2000)**. Uberlândia: UFU, 2003. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, 2003. 126 p.

LISBOA, H.M., COSTA, R.H.R. e WALTORTT. **Análise da qualidade das águas de chuva no campus universitário da UFSC no período de maio de 1991 a janeiro de 1992**. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, VII, 1992, São Paulo. Anais ... Florianópolis : UFSC – Centro Meteorológico – p 26 - 38 , 1992 .

LOBODA, C. R.; DE ANGELIS, B. L. Áreas verdes públicas urbanas: conceitos, usos e funções. **Ambiência - Revista do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava. 1 No 1 Jan/Jun. 2005.

LOMBARDO, M.A. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985. 244 p.

MARTINS, Paulo H.M. **Investigação Geográfica do Papel da hotelaria na Economia Urbana de Catalão (GO) de 1995 À 2015**. (TCC) – Trabalho de conclusão de curso. Departamento de Geografia da Universidade Federal de Goiás, 2016.

MASSON, Stela. 2013. Mineração e indústria impulsionam Catalão (GO). **Folha Uol**, Jan. 2013. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2013/01/1210614-mineracao-e-industria-impulsionam-catalao-go.shtml/>>.

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. **Reúso de água**. [S.l: s.n.], 2003.

MENDES, P. C. **Gênese e estrutura espacial das chuvas na cidade de Uberlândia – MG**. 2001. 258 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2001.

MENDONÇA, F. de A., DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

MENDONÇA, F.A. **O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno: proposição para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/PR**. São Paulo: FFLCH/USP, 1995. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo.

MENDONÇA, F. A. **Aspectos da Interação clima-ambiente-saúde humana: da relação sociedade-natureza à (in) sustentabilidade ambiental**. In: RA'EGA, Curitiba: UFPR,n.4. p. 85-99, 2003.

MENDONÇA, F.A. (Org.). **Riscos, vulnerabilidade e abordagem socioambiental urbana: uma reflexão a partir da RMC e de Curitiba**. In: Revista de Desenvolvimento e Meio Ambiente – Cidade e Ambiente Urbano, n.10. Curitiba: Editora da UFPR, p. 139-148. 2004.

MINISTÉRIO DA SAÚDE - **Portaria Nº 2914 GM** de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os Procedimentos e Responsabilidades relativos ao Controle e Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Fontes fixas**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/fontes-fixas>>. Acesso em: 12/09/2018.

MONTEIRO, C. A. F. **Notas para o estudo do clima do Centro-Oeste brasileiro**. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, v.13, n.1, p.3-46, 1951.

MONTEIRO, C.A. de F. **Teoria e clima urbano**. São Paulo, 1976. 181 p. (Série Teses e Monografias, 25).

\_\_\_\_\_. **O Estudo do Clima Urbano no Brasil: Evolução, tendências e alguns desafios**. In: MONTEIRO C. A. de F.; MENDONÇA, F. de A. In: **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. 192p.

\_\_\_\_\_. **Teoria e Clima Urbano: Um projeto e seus caminhos** In: MONTEIRO, C. A. de F. e MENDONÇA, F de A. (org). **Clima Urbano**: São Paulo: Contexto, 2003. 192p.

\_\_\_\_\_. **As Matrizes da Construção da Climatologia Geográfica Brasileira** In: MENDONÇA, F; MONTEIRO, C. A. de F.; In: **A Construção da Climatologia Geográfica no Brasil**. São Paulo: Contexto, 2.ed. 2015, 192 p.

MINGKUI, H.; HAO, W. “**Concentrations and chemical forms of potentially toxic metals in road-deposited sediments from different zones of Hangzhou, China**”. *Journal of Environmental Sciences*, 21: 625-631, 2009.

MOREIRA-NORDEMANN, L.M. et al. **Análise química preliminar das águas de chuva de Cubatão**. Impactos Ambientais. São José dos Campos : INPE, 1983 (INPE - 2856 - PRE / 395).

NEIVA, Bianca Affonso. **A Produção do espaço urbano de Catalão (GO) e suas transformações panorâmicas a partir da década de 70**. (TCC) trabalho de conclusão de curso, curso de Geografia da Universidade de Brasília-UNB. 2013, 98 p.

NERY, Jonas Teixeira; CARFAN, Ana Claudia. **Re-analysis of pluvial precipitation in southern Brazil**. *Atmósfera*, v. 27, n. 2, p. 103-115, 2014.

NÍMER, E. Circulação atmosférica do Brasil: contribuição ao estudo da climatologia do Brasil. **Rev. Bras. Geografia**, 28 (3); jul./set., 1966. p. 232-250.

NIMER, E. Clima. In.: IBGE. 1989. **Geografia do Brasil – Região Centro-Oeste**. Rio de Janeiro, IBGE. v. 1, p. 23- 34, 1989.

NERY, J. T., CARFAN, A. C., e GALVANI, E. **Estudo da temperatura do ar para diferentes cenários urbanos utilizando o modelo ENVI-MET: o caso de Ourinhos, SP, Brasil**. In VII Simpósio de Meteorologia e Geofísica da APMG, XII Encontro Luso-espanho de Meteorologia, XIV Congresso Latino-americano e Ibérico de Meteorologia, Setúbal, 2011. APMG.Setubal : APMG, 2011.

NERY, Jonas Teixeira; MARTINS, Maria de Lourdes Orsini Fernandes; SANT'ANA, João Lima Neto. **Variabilidade da precipitação no Brasil Meridional**. *Acta Scientiarum. Technology*, v. 24, p. 1687-1695, 2002.

OGUNDELE, L. T.; OWOADE, O. K.; HOPKE, P. K.; OLISE, F. S. “**Heavy metals in industrially emitted particulate matter in Ile-Ife, Nigeria**”. *Environmental Research*, 156: 320-325, 2017.

PEDELABORDE, P. **Introduction a l'etude scientifique du Climat**. Paris, Société d'Édition d'Enseignement Supérieur, 1970.

PRADO, Leonardo F. **Análise do pH da Água Pluvial na Área Urbana de Catalão (GO) de 2016 A 2017.** (TCC) trabalho de conclusão de curso do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Goiás, Regional Catalão, 2017. 70p.

OGUNDELE, L. T.; OWOADE, O. K.; HOPKE, P. K.; OLISE, F. S. “**Heavy metals in industrially emitted particulate matter in Ile-Ife, Nigeria**”. *Environmental Research*, 156: 320-325, 2017.

ÓDEN, S. **The Acidity problem: on outline.** *New Scientist*, New Jersey, v. 158, n 2154, p. 21 - 36, 1976.

OKE, T. R. Technical note n.134: **Review of urban clima**, Word meteorological organization, Geneva, WMO, p. 1968-1973. 1974.

\_\_\_\_\_. *Boundary Layer Climates.* London: Methuem & Ltd. A. Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York, 1978, 372p.

PHILIPPI, L.S. et al. **Aproveitamento da água de chuva.** In: GONÇALVES, R.F. (Org.). *Uso racional da água em edificações.* Rio de Janeiro: ABES - PROSAB, 2006. cap. 3, p. 73-152.

PEDROSA, L. E. **A apropriação do relevo urbano e suas implicações sócio-ambientais: um estudo de caso em Catalão (GO).** Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Geografia - IG/UFU, 2001. Dissertação de mestrado, 6 p.

NUCCI, J. C. **Qualidade Ambiental e Adensamento: um estudo de planejamento da paisagem do distrito de Santa Cecília (MSP).** Tese (Doutorado). São Paulo-SP. USP, 1996.

PITA, M. F. **La climatología como ciencia geográfica.** In: CUADRAT, J. M; PITA, M. F (Org.). *Climatología.* 1ed. Madrid: Cátedra, 1997. p. 9-18.

PITTON, S. E. C. **As cidades como indicadoras de alterações térmicas.** São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1997. (Tese, Doutorado).

PIZAIA, M. G.; SOARES, P. C. S.; CAMARA, M. R. G.; CAMPOS, M. F. S. **A importância da água na economia doméstica: formas alternativas para um melhor aproveitamento e economia do recurso pelos residentes domiciliares.** In: XLII Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural. Ribeirão Preto, São Paulo, 2005.

RAVEN, P.H.; BERG, L. R.; JOHNSON, G. B. **Environment.** Fort Worth, Saunders College Publishing, 1995.

RIBEIRO, F. **Comportamento do sódio, cálcio, potássio e magnésio nas precipitações atmosféricas na Bacia de Paraguaçu-Bahia.** *Revista Brasileira de Geofísica*, São Paulo, vol 1, n° 2, p. 16 -17, 1979.

RIBEIRO, L. J. **A segregação sócio-espacial em Catalão ± GO: o caso dos alunos de 5ª a 8ª série residentes na Vila Teotônio Vilela.** (Monografia). Catalão: CAC, 2003.

ROMUALDO, L. L.; SANTOS, R. S.; LIMA, F. C.; ANDRADE, L. S.; FERREIRA, I.M.; POZZA, S. A. “**Environmental impact monitoring of a minero-chemical complex in Catalão urban area of PTS, MP10 and MP2,5 by EDX characterization.**” *Chemical Engineering Transactions*, 43: 1909-1914, 2015.

RODRIGUES, Rafael de Ávila. Janeiro 2020 ficará na história Climatológica de Catalão (GO). **Zap Catalão**, Catalão (GO), 02 de fev. de 2020. Disponível em: <<https://www.zapcatalao.com.br/2020/02/01/janeiro-2020-ficara-na-historia-climatologica-de-catalao-go/>>. Acesso em 10/02/2020.

REINIKAINEN, L. M.; JAAKKOLA, J. J. K. “**Significance of humidity and temperature on skin and upper airway symptoms**”. *Indoor Air*, Helsinki, 13: 433-352, 2003.

ROMERO, M. A. B. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano**. São Paulo: Pro-Editores, 2000. 2ª. Edição.

RIBEIRO, Laurinda José. **Expansão Urbana e Derivações Ambientais sobre o Ribeirão Pirapitinga em Catalão (GO)**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Geografia da Universidade Federal de Goiás, Campus Catalão. 2011, 203 p.

RODRIGUES, R. A.; OLIVEIRA, G. A.; FARIA, A. L. L.; OLIVEIRA JÚNIOR. **Caracterização Climática no entorno da Usina Hidroelétrica Serra do Facão (GO)**. In: TORRES, F. T. P.; DAGNINO, R. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. (Orgs.). *Contribuições Geográficas*, p. 521- 542, 2009.

RODRIGUES, R.A.; CASTRO, S.S. **A Estrutura Espacial das Chuvas na Cidade de Araguari (MG) Durante a Estação Chuvosa 2001-2005**. *Revista Geográfica Acadêmica*, v.2, n.1, p. 43-55, 2008.

RODRIGUES, R. A.; OLIVEIRA, G. A.; FARIA, A. L. L.; OLIVEIRA JÚNIOR, A.; DELGADO, R. C. **Determinação de Regiões climaticamente homogêneas no Estado de Goiás**. In: ASSIS, A. A. F.; FARIA, A. L. L (Orgs.). *O onde e o quando: espaço e memória na construção da história e da geografia*, p. 274-289, 2012.

RODRIGUES, A. M. A questão ambiental e a (re)descoberta do espaço: uma nova relação sociedade natureza? **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, nº 73, p. 35-71, 1994.

RODRIGUES, G. B. **Planejamento urbano e ativismo sociais**. São Paulo: UNESP, 2004. 133p.

SAÚDE, Fundação Nacional de. **Manual prático de análise de água**. Brasília, 2006.

SANTOS, Hilton Felício dos; MANCUSO, Pedro Caetano Sanches. **A escassez e o reúso de água em âmbito mundial**. In: *Reúso de água* [S.l: s.n.], 2003.

SILVA, Sandra Aparecida da. **Clima urbano: Análise do campo termo-higrométrico em episódios de inverno e primavera em Ituiutaba – MG**. Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Humanas do Pontal, Dissertação (Mestrado). Ituiutaba/MG, 2019. 128p.

SANT'ANNA NETO, J. L. **O clima como risco, as cidades como sistemas vulneráveis, a saúde como promoção da vida.** In: Cadernos de geografia nº 30/31 - 2011/12 Coimbra, FLUC - pp. 215-227.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Ritmo climático e a gênese das chuvas na zona costeira paulista.** São Paulo: USP/FFLCH, 1990. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

SANT'ANNA NETO, J. L. O clima urbano como construção social: da vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 8, 2011, p. 45 – 60.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Da climatologia geográfica a Geografia do Clima: Gênese, paradigmas e aplicação do clima como fenômeno geográfico.** In: Anpege, v. 4, 2008, p. 61 – 88.

SANTOS, Milton. **A urbanização brasileira.** 5º ed. 2. reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2009. 174p.

SANTOS, Milton. **Meio tecnico-científico e urbanização: tendências e perspectivas,** Resgate 3, 1991.

SANTOS, Milton. **Flexibilidade tropical, Arquitetura e urbanismo** 38, out. 1991, p. 44-45.

SILVA, Ronaldo, da. **A implantação da Mitsubishi em Catalão: estratégias políticas e territoriais da indústria automobilística nos anos 90.** 2002. 198 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Instituto de Estudos Sócio-Ambientais. Goiânia 2002.

SILVA, M. V. da. **A indústria automobilística em Catalão/Goiás: da rede ao circuito espacial da produção da MMC Automotores do Brasil S.A.** 2010. 499 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

SILVA, R. A. **Implantação da Mitsubishi em Catalão: estratégias políticas e territoriais da indústria automobilística nos anos 90.** 2002. 198 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

SILVA, Edson. **Mineração e indústria impulsionam Catalão (GO).** **Folha Uol**, Jan. 2013. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2013/01/1210614mineracao-e-industria-impulsionam-catalao-go.shtml>>.

SILVA, Thiago Patrocínio da. **Análise da Dinâmica Espaço-temporal do Regime Pluviométrico no Espaço Urbano de Catalão (GO).** 2017. 104 p. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) – Universidade Federal de Goiás – UFG - Regional Catalão – RC.

SARTORI, R. C. (2005) - **O pensamento ambiental sistêmico: uma análise da comunicação científica da ESALQ/USP.** Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. 109p.

SILVA, Thiago Patrocínio da. **Análise da Dinâmica Espaço-Temporal do Regime Pluviométrico no espaço urbano de Catalão (GO)**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Geografia, da Universidade Federal de Goiás, Regional Catalão. 2017, 104 p.

SHAH, M. H. & SHAHEEN-NAZIR, R. “**Assessment of the trace elements level in urban atmospheric particulate matter and source apportionment Islamabad, Pakistan**”. Atmospheric Pollution Research, 3: 39-45, 2012.

SALDIVA, PHN, Braga ALF, Pereira LAA. **Health effects of ambient levels of air pollution**. In: Hogan DJ, Berquó E, Costa HSM, editors. Population and environment in Brazil: Rio + 10. Campinas: Comissão Nacional de População e Desenvolvimento/Associação Brasileira de Estudos Populacionais/Núcleo de Estudos de População, Unversidade Estadual de Campinas; 2002. p. 207-23.

SOUZA, J. A. R. de; MOREIRA, D. A.; CONDÉ, N. M.; CARVALHO, W. B de; CARVALHO, C. V. M. **Análise das condições de potabilidade das águas de surgências em Ubá, MG**. Revista Ambiente & Água, v. 10, n. 3, p. 614-622, 2015. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1630>.

SOUZA, P.A.; MELLO, W. Z.; MALDONADO, J., **Composição química da chuva e aporte atmosférico na Ilha Grande, RJ**, Quim. Nova, Vol. 29, No. 3, 471-476, 2006.

SETTE, D. M.; TARIFA, J. R. (2002) - **O El Nino 97/98, ritmo e repercussão na gênese dos climas no Mato-Grosso (Brasil)**. GeoUSP - Espaço e Tempo 11: 51-67.

SINGH, S.; ELUMALAI, S. P.; PAL, A. K. ”**Rain pH estimation based on the particulate matter pollutants and wet deposition study**”. Science of The Total Environment, 563-564, 293-301, 2016.

SOUZA, Nara Line da Silva. **Análise físico-química e toxicidade do material particulado (MP10) no ar atmosférico em Catalão- GO**. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Goiás, Unidade Acadêmica Especial de Física e Química, Catalão, 2018. 88p.

SORRE, M. (2006). **Object and metod of climatology**. Revista do Departamento de Geografia, n. 18, p. 89-94.

SORRE, M., 1955. **Fundamentos Biológicos de la Geografía Humana**. Ensayo de Una Ecología del Hombre. Barcelona: Editorial Juventud.

SPOSITO, M. B. **Capitalismo e Urbanização**. 14ª ed. São Paulo: Contexto, 2004. 97 p.

TUCCI, Carlos. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 1ª ed. Porto Alegre: ABRH/EDUSP, 1993.

TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. M. L. M. (orgs.). **Avaliação e Controle da Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2001 v.2, p. 405-419.

TUCCI, C. E. M. **Regionalização de vazão**. Porto Alegre: UFRGS, 2002, 256p.

TOMAZ, Plínio. **Economia de água para empresas e residências: Um estudo atualizado sobre o uso racional da água**. São Paulo: Editora Hermano & Bugelli Ltda., 2001.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar, 2003. 180p.

TORDO, Olga Catarina. **Caracterização e avaliação do uso de águas de chuva para fins potáveis**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Regional de Blumenau, Blumenau. 2004.

TOLENTINO, M.; ROCHA, R – FILHO; SILVA, R. **O azul do planeta Terra: um retrato da atmosfera terrestre**. São Paulo: Moderna Ltda, 1999.

USP. **Poluição Atmosférica & Chuva ácida**. Disponível em:

<[http://www.usp.br/qambiental/chuva\\_acidafront.html](http://www.usp.br/qambiental/chuva_acidafront.html)>. Acesso em: 18 de março de 2018.

VELLINGIRI, K.; KIM, K.; MA, C.; KANG, C.; LEE, J.; KIM, I.; BROWN, R. J. C.

“**Ambient particulate matter in a central urban area of Seoul, Korea**”. *Chemosphere*, 119: 812-918, 2015.

VIEIRA, N. R. **Poluição do ar: indicadores ambientais**. Rio de Janeiro: E-papers, 2009.

XIE, R. K.; SEIP, H. M. LEINUM, J. R.; WINJE, T. XIÃO, J. S. “Chemical characterization of individual particles (PM10) from ambient air in Guiyang City, China”. *Science of The Total Environment*, 343: 261-272, 2005.

VIANA, R. **A re-produção do espaço como mercadoria: Polo 3 – Projeto Orla Extensões-Latências**. 2008. 231 f. *Dissertação* (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia-Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2008.

## ANEXOS

Anexo 1: Tabela de pH da água da chuva (2018).

Residencial Olinda		Jardim Paraíso		Evelina Nour		Santa Terezinha		Jardim Catalão		Pontal Norte		Setor Aeroporto		ETA Dimic	
Data Coleta	Valor PH	Data Coleta	Valor PH	Data Coleta	Valor PH	Data Coleta	Valor PH	Data Coleta	Valor PH	Data Coleta	Valor PH	Data Coleta	Valor PH	Data Coleta	Valor PH
15/01/2018	6,9	15/01/2018	6,4	15/01/2018	6,3	15/01/2018	5,9	15/01/2018	6,2	15/01/2018	6,3	15/01/2018	6,8	15/01/2018	6,7
16/01/2018	7,1	16/01/2018	6,6	16/01/2018	6,4	16/01/2018	6,2	16/01/2018	6,9	16/01/2018	6,2	16/01/2018	6,5	16/01/2018	7,1
17/01/2018	6,9	17/01/2018	6,9	17/01/2018	6,4	17/01/2018	6,0	17/01/2018	6,8	17/01/2018	6,1	17/01/2018	6,6	17/01/2018	6,4
25/01/2018	6,5	25/01/2018	6,1	25/01/2018	6,3	25/01/2018	6,0	25/01/2018	6,9	25/01/2018	6,7	25/01/2018	6,2	25/01/2018	6,7
26/01/2018	6,8	26/01/2018	6,4	26/01/2018	6,4	26/01/2018	6,3	26/01/2018	6,9	26/01/2018	6,9	26/01/2018	6,9	26/01/2018	6,3
31/01/2018	7,1	31/01/2018	6,8	31/01/2018	6,8	31/01/2018	6,6	31/01/2018	6,8	31/01/2018	6,2	31/01/2018	6,2	31/01/2018	6,3
01/02/2018	6,9	01/02/2018	6,4	01/02/2018	6,8	01/02/2018	6,9	01/02/2018	6,9	01/02/2018	6,1	01/02/2018	6,3	01/02/2018	6,1
10/02/2018	6,9	10/02/2018	7,0	10/02/2018	6,7	10/02/2018	6,9	10/02/2018	6,8	10/02/2018	6,2	10/02/2018	7,4	10/02/2018	6,6
20/02/2018	6,8	20/02/2018	6,7	20/02/2018	6,6	20/02/2018	6,4	20/02/2018	7,0	20/02/2018	6,0	20/02/2018	6,5	20/02/2018	6,7
09/03/2018	6,8	09/03/2018	6,9	09/03/2018	7,1	09/03/2018	6,8	09/03/2018	6,9	09/03/2018	6,2	09/03/2018	6,9	09/03/2018	6,5
12/03/2018	6,9	12/03/2018	6,7	12/03/2018	6,8	12/03/2018	6,5	12/03/2018	7,1	12/03/2018	6,6	12/03/2018	6,8	12/03/2018	6,6
24/03/2018	6,9	24/03/2018	6,8	24/03/2018	6,4	24/03/2018	6,7	24/03/2018	6,5	24/03/2018	6,1	24/03/2018	6,4	24/03/2018	6,7
26/03/2018	7,1	26/03/2018	7,0	26/03/2018	6,8	26/03/2018	7,2	26/03/2018	7,5	26/03/2018	6,0	26/03/2018	6,9	26/03/2018	7,4
02/04/2018	7,0	02/04/2018	6,9	02/04/2018	6,7	02/04/2018	6,5	02/04/2018	6,7	02/04/2018	6,0	02/04/2018	6,8	02/04/2018	6,9
06/04/2018	7,0	06/04/2018	6,9	06/04/2018	6,8	06/04/2018	7,2	06/04/2018	6,8	06/04/2018	6,5	06/04/2018	6,8	06/04/2018	6,8
09/04/2018	7,1	09/04/2018	6,8	09/04/2018	7,1	09/04/2018	6,2	09/04/2018	7,1	09/04/2018	6,4	09/04/2018	6,8	09/04/2018	0,0
16/04/2018	7,6	16/04/2018	7,0	16/04/2018	6,9	16/04/2018	6,7	16/04/2018	6,9	16/04/2018	6,1	16/04/2018	6,8	16/04/2018	6,7
17/04/2018	6,9	17/04/2018	7,1	17/04/2018	6,5	17/04/2018	6,9	17/04/2018	6,9	17/04/2018	6,2	17/04/2018	7,2	17/04/2018	6,8
21/05/2018	7,0	21/05/2018	6,9	21/05/2018	6,9	21/05/2018	6,8	21/05/2018	6,7	21/05/2018	6,5	21/05/2018	6,4	21/05/2018	6,5
09/08/2018	6,8	09/08/2018	6,7	09/08/2018	6,2	09/08/2018	6,9	09/08/2018	6,5	09/08/2018	6,1	09/08/2018	6,6	09/08/2018	6,2

17/09/2018	6,7	17/09/2018	6,5	17/09/2018	6,8	17/09/2018	6,8	17/09/2018	6,4	17/09/2018	6,2	17/09/2018	6,3	17/09/2018	6,4
20/09/2018	6,7	20/09/2018	6,9	20/09/2018	6,4	20/09/2018	6,2	20/09/2018	6,1	20/09/2018	6,2	20/09/2018	6,8	20/09/2018	6,7
21/09/2018	6,8	21/09/2018	7,0	21/09/2018	7,1	21/09/2018	6,8	21/09/2018	6,5	21/09/2018	6,1	21/09/2018	6,8	21/09/2018	7,0
01/10/2018	6,7	01/10/2018	6,9	01/10/2018	7,0	01/10/2018	6,9	01/10/2018	6,7	01/10/2018	6,1	01/10/2018	7,0	01/10/2018	7,1
02/10/2018	6,8	02/10/2018	6,9	02/10/2018	6,8	02/10/2018	7,0	02/10/2018	5,8	02/10/2018	5,6	02/10/2018	6,7	02/10/2018	7,0
08/10/2018	7,0	08/10/2018	7,0	08/10/2018	7,0	08/10/2018	6,9	08/10/2018	5,9	08/10/2018	5,9	08/10/2018	6,9	08/10/2018	6,9
09/10/2018	6,7	09/10/2018	6,9	09/10/2018	6,9	09/10/2018	7,0	09/10/2018	5,4	09/10/2018	5,3	09/10/2018	7,0	09/10/2018	7,0
10/10/2018	7,0	10/10/2018	7,0	10/10/2018	7,2	10/10/2018	7,3	10/10/2018	6,0	10/10/2018	5,8	10/10/2018	7,2	10/10/2018	7,1
17/10/2018	6,9	17/10/2018	6,8	17/10/2018	7,0	17/10/2018	7,1	17/10/2018	6,2	17/10/2018	6,1	17/10/2018	7,0	17/10/2018	7,0
19/10/2018	7,0	19/10/2018	6,8	19/10/2018	6,9	19/10/2018	7,0	19/10/2018	6,0	19/10/2018	5,9	19/10/2018	6,8	19/10/2018	6,9
24/10/2018	6,8	24/10/2018	7,0	24/10/2018	6,8	24/10/2018	7,1	24/10/2018	6,3	24/10/2018	6,2	24/10/2018	6,8	24/10/2018	7,0
25/10/2018	6,7	25/10/2018	7,1	25/10/2018	7,0	25/10/2018	7,0	25/10/2018	6,5	25/10/2018	6,4	25/10/2018	7,0	25/10/2018	7,1
01/11/2018	6,8	01/11/2018	6,8	01/11/2018	6,8	01/11/2018	7,1	01/11/2018	6,0	01/11/2018	5,8	01/11/2018	6,8	01/11/2018	6,7
05/11/2018	6,8	05/11/2018	6,7	05/11/2018	6,6	05/11/2018	7,1	05/11/2018	5,5	05/11/2018	5,4	05/11/2018	6,9	05/11/2018	6,4
09/11/2018	6,7	09/11/2018	6,4	09/11/2018	6,5	09/11/2018	7,1	09/11/2018	5,7	09/11/2018	5,6	09/11/2018	7,0	09/11/2018	6,9
12/11/2018	6,9	12/11/2018	6,0	12/11/2018	6,6	12/11/2018	7,2	12/11/2018	5,5	12/11/2018	5,3	12/11/2018	6,8	12/11/2018	6,5
19/11/2018	7,0	19/11/2018	6,2	19/11/2018	6,7	19/11/2018	7,0	19/11/2018	6,0	19/11/2018	5,9	19/11/2018	6,7	19/11/2018	6,6
20/11/2018	6,8	20/11/2018	6,0	20/11/2018	6,6	20/11/2018	7,1	20/11/2018	6,1	20/11/2018	5,9	20/11/2018	6,6	20/11/2018	6,7
21/11/2018	6,9	21/11/2018	6,5	21/11/2018	6,5	21/11/2018	7,4	21/11/2018	6,5	21/11/2018	6,0	21/11/2018	6,9	21/11/2018	6,4
03/12/2018	6,7	03/12/2018	6,6	03/12/2018	6,7	03/12/2018	7,5	03/12/2018	6,6	03/12/2018	5,9	03/12/2018	6,7	03/12/2018	6,6
04/12/2018	6,8	04/12/2018	6,7	04/12/2018	6,5	04/12/2018	7,4	04/12/2018	6,8	04/12/2018	6,0	04/12/2018	6,4	04/12/2018	6,3
07/11/2018	6,6	07/11/2018	6,5	07/11/2018	6,8	07/11/2018	7,1	07/11/2018	6,3	07/11/2018	5,9	07/11/2018	6,6	07/11/2018	6,4
14/12/2018	6,9	14/12/2018	6,6	14/12/2018	6,5	14/12/2018	7,5	14/12/2018	6,5	14/12/2018	6,0	14/12/2018	6,5	14/12/2018	6,5
28/12/2018	6,8	28/12/2018	6,8	28/12/2018	6,9	28/12/2018	7,2	28/12/2018	6,4	28/12/2018	6,1	28/12/2018	6,9	28/12/2018	6,4
<b>MÉDIA</b>	<b>6,9</b>	<b>-</b>	<b>6,7</b>	<b>-</b>	<b>6,7</b>	<b>-</b>	<b>6,9</b>	<b>-</b>	<b>6,5</b>	<b>-</b>	<b>6,1</b>	<b>-</b>	<b>6,7</b>	<b>-</b>	<b>6,5</b>

Fonte: PRADO, Leonardo Ferreira; 2019.

**Anexo 2:** Tabela de pH da água da chuva (2019).

Leblon		Jardim Paraíso		Evelina Nour		Santa Terezinha		Jardim Catalão		Pontal Norte		Setor Aeroporto		ETA Dimic	
Data Coleta	Valor PH	Data Coleta	Valor PH	Data Coleta	Valor PH	Data Coleta	Valor PH	Data Coleta	Valor PH	Data Coleta	Valor PH	Data Coleta	Valor PH	Data Coleta	Valor PH
01/01/2019	6,9	01/01/2019	6,8	01/01/2019	7,0	01/01/2019	6,9	01/01/2019	6,5	01/01/2019	5,9	01/01/2019	6,9	01/01/2019	6,7
02/01/2019	7,0	02/01/2019	6,7	02/01/2019	6,9	02/01/2019	6,8	02/01/2019	6,1	02/01/2019	6,0	02/01/2019	7,0	02/01/2019	6,6
03/01/2019	6,9	03/01/2019	7,1	03/01/2019	7,0	03/01/2019	6,9	03/01/2019	6,8	03/01/2019	6,2	03/01/2019	7,0	03/01/2019	6,6
07/01/2019	6,8	07/01/2019	6,8	07/01/2019	6,9	07/01/2019	7,0	07/01/2019	6,4	07/01/2019	5,9	07/01/2019	6,9	07/01/2019	6,7
17/01/2019	7,0	17/01/2019	6,8	17/01/2019	7,0	17/01/2019	6,9	17/01/2019	6,2	17/01/2019	5,6	17/01/2019	7,0	17/01/2019	6,6
18/01/2019	7,1	18/01/2019	6,8	18/01/2019	6,8	18/01/2019	6,1	18/01/2019	5,6	18/01/2019	5,3	18/01/2019	6,0	18/01/2019	6,1
28/01/2019	6,9	28/01/2019	6,7	28/01/2019	7,1	28/01/2019	6,9	28/01/2019	6,2	28/01/2019	6,1	28/01/2019	6,9	28/01/2019	6,7
06/02/2019	6,9	06/02/2019	6,9	06/02/2019	6,7	06/02/2019	6,8	06/02/2019	6,2	06/02/2019	6,2	06/02/2019	7,2	06/02/2019	6,6
08/02/2019	6,8	08/02/2019	6,7	08/02/2019	6,8	08/02/2019	6,5	08/02/2019	6,1	08/02/2019	6,3	08/02/2019	6,8	08/02/2019	6,7
12/02/2019	6,7	12/02/2019	6,9	12/02/2019	7,1	12/02/2019	6,8	12/02/2019	5,7	12/02/2019	5,4	12/02/2019	6,0	12/02/2019	6,5
15/02/2019	6,9	15/02/2019	6,7	15/02/2019	6,8	15/02/2019	6,5	15/02/2019	6,3	15/02/2019	6,0	15/02/2019	6,5	15/02/2019	6,6
18/02/2019	7,1	18/02/2019	6,8	18/02/2019	7,4	18/02/2019	6,7	18/02/2019	5,9	18/02/2019	5,6	18/02/2019	6,4	18/02/2019	6,1
21/02/2019	7,2	21/02/2019	6,9	21/02/2019	6,8	21/02/2019	7,2	21/02/2019	6,1	21/02/2019	6,4	21/02/2019	6,9	21/02/2019	6,4
22/02/2019	7,0	22/02/2019	7,4	22/02/2019	6,9	22/02/2019	6,5	22/02/2019	6,3	22/02/2019	6,0	22/02/2019	6,8	22/02/2019	6,9
25/02/2019	6,8	25/02/2019	7,2	25/02/2019	6,5	25/02/2019	6,4	25/02/2019	5,0	25/02/2019	4,9	25/02/2019	6,4	25/02/2019	6,3
27/02/2019	7,1	27/02/2019	7,1	27/02/2019	7,1	27/02/2019	6,5	27/02/2019	5,6	27/02/2019	5,5	27/02/2019	6,5	27/02/2019	6,4
01/03/2019	6,9	01/03/2019	7,2	01/03/2019	6,9	01/03/2019	6,7	01/03/2019	6,3	01/03/2019	6,4	01/03/2019	6,5	01/03/2019	6,3
06/03/2019	6,7	06/03/2019	7,1	06/03/2019	6,5	06/03/2019	6,8	06/03/2019	6,1	06/03/2019	5,8	06/03/2019	6,4	06/03/2019	6,4
07/03/2019	7,0	07/03/2019	6,9	07/03/2019	6,8	07/03/2019	6,8	07/03/2019	6,3	07/03/2019	6,5	07/03/2019	6,2	07/03/2019	6,5


08/03/2019	6,8	08/03/2019	6,7	08/03/2019	6,2	08/03/2019	6,4	08/03/2019	6,3	08/03/2019	6,3	08/03/2019	6,6	08/03/2019	6,2
11/03/2019	6,7	11/03/2019	7,3	11/03/2019	6,8	11/03/2019	6,7	11/03/2019	6,4	11/03/2019	6,0	11/03/2019	6,5	11/03/2019	6,4
13/03/2018	6,7	13/03/2018	7,0	13/03/2018	6,5	13/03/2018	6,3	13/03/2018	6,1	13/03/2018	6,1	13/03/2018	6,4	13/03/2018	6,5
18/03/2019	6,8	18/03/2019	7,0	18/03/2019	6,7	18/03/2019	6,4	18/03/2019	6,2	18/03/2019	5,9	18/03/2019	6,3	18/03/2019	6,5
21/03/2019	6,7	21/03/2019	6,9	21/03/2019	7,0	21/03/2019	6,5	21/03/2019	6,0	21/03/2019	6,0	21/03/2019	6,5	21/03/2019	6,4
27/03/2019	6,8	27/03/2019	6,9	27/03/2019	6,8	27/03/2019	6,4	27/03/2019	6,2	27/03/2019	5,9	27/03/2019	6,7	27/03/2019	6,6
09/04/2019	6,5	09/04/2019	7,1	09/04/2019	6,5	09/04/2019	6,6	09/04/2019	6,1	09/04/2019	6,0	09/04/2019	6,9	09/04/2019	6,5
15/04/2019	6,7	15/04/2019	6,9	15/04/2019	6,7	15/04/2019	6,8	15/04/2019	6,1	15/04/2019	5,7	15/04/2019	7,0	15/04/2019	6,4
16/04/2019	6,8	16/04/2019	7,0	16/04/2019	6,9	16/04/2019	6,7	16/04/2019	6,2	16/04/2019	6,0	16/04/2019	6,7	16/04/2019	6,5
17/04/2019	6,9	17/04/2019	6,8	17/04/2019	7,0	17/04/2019	5,8	17/04/2019	5,7	17/04/2019	6,4	17/04/2019	6,5	17/04/2019	6,4
18/04/2019	6,7	18/04/2019	7,2	18/04/2019	6,7	18/04/2019	6,5	18/04/2019	6,3	18/04/2019	5,6	18/04/2019	6,1	18/04/2019	6,2
24/04/2019	6,6	24/04/2019	7,0	24/04/2019	6,5	24/04/2019	7,1	24/04/2019	6,2	24/04/2019	6,1	24/04/2019	6,6	24/04/2019	6,4
06/05/2019	6,7	06/05/2019	7,1	06/05/2019	6,6	06/05/2019	6,7	06/05/2019	6,3	06/05/2019	6,0	06/05/2019	6,5	06/05/2019	6,5
16/05/2019	6,7	16/05/2019	6,9	16/05/2019	6,7	16/05/2019	6,5	16/05/2019	6,2	16/05/2019	5,8	16/05/2019	6,6	16/05/2019	6,6
20/05/2019	6,5	20/05/2019	7,2	20/05/2019	6,6	20/05/2019	6,6	20/05/2019	5,9	20/05/2019	5,6	20/05/2019	6,2	20/05/2019	6,4
26/09/2019	6,7	26/09/2019	6,8	26/09/2019	6,9	26/09/2019	6,4	26/09/2019	6,0	26/09/2019	6,2	26/09/2019	6,3	26/09/2019	6,2
04/10/2019	6,5	04/10/2019	6,7	04/10/2019	7,0	04/10/2019	6,5	04/10/2019	6,5	04/10/2019	6,5	04/10/2019	6,4	04/10/2019	6,3
08/10/2019	6,9	08/10/2019	7,1	08/10/2019	6,8	08/10/2019	6,3	08/10/2019	6,7	08/10/2019	6,8	08/10/2019	6,5	08/10/2019	6,2
10/10/2019	6,7	10/10/2019	6,9	10/10/2019	7,1	10/10/2019	6,2	10/10/2019	6,0	10/10/2019	6,0	10/10/2019	6,1	10/10/2019	6,1
11/10/2019	6,2	11/10/2019	6,8	11/10/2019	6,6	11/10/2019	6,6	11/10/2019	5,6	11/10/2019	5,3	11/10/2019	5,9	11/10/2019	6,0
21/10/2019	6,3	21/10/2019	6,7	21/10/2019	6,8	21/10/2019	6,7	21/10/2019	6,8	21/10/2019	6,1	21/10/2019	6,2	21/10/2019	6,5
22/10/2019	6,7	22/10/2019	7,1	22/10/2019	6,9	22/10/2019	6,3	22/10/2019	6,7	22/10/2019	6,0	22/10/2019	6,5	22/10/2019	6,6
28/10/2019	6,9	28/10/2019	6,9	28/10/2019	7,0	28/10/2019	6,5	28/10/2019	6,6	28/10/2019	6,2	28/10/2019	6,4	28/10/2019	6,4
30/10/2019	6,8	30/10/2019	7,2	30/10/2019	6,9	30/10/2019	6,7	30/10/2019	6,9	30/10/2019	6,1	30/10/2019	6,3	30/10/2019	6,5

31/10/2019	6,9	31/10/2019	6,5	31/10/2019	6,8	31/10/2019	6,4	31/10/2019	6,8	31/10/2019	6,0	31/10/2019	6,2	31/10/2019	6,3
11/11/2019	6,8	11/11/2019	6,6	11/11/2019	6,6	11/11/2019	6,5	11/11/2019	6,2	11/11/2019	6,1	11/11/2019	6,4	11/11/2019	6,2
17/11/2019	6,1	17/11/2019	6,9	17/11/2019	6,8	17/11/2019	6,9	17/11/2019	5,6	17/11/2019	5,5	17/11/2019	5,9	17/11/2019	6,3
18/11/2019	6,8	18/11/2019	7,1	18/11/2019	6,6	18/11/2019	5,9	18/11/2019	5,0	18/11/2019	4,8	18/11/2019	5,8	18/11/2019	6,1
22/11/2019	6,7	22/11/2019	6,9	22/11/2019	6,3	22/11/2019	6,1	22/11/2019	6,0	22/11/2019	6,1	22/11/2019	6,1	22/11/2019	6,2
23/11/2019	6,6	23/11/2019	7,0	23/11/2019	6,8	23/11/2019	6,4	23/11/2019	6,2	23/11/2019	6,5	23/11/2019	6,2	23/11/2019	6,3
13/12/2019	6,5	13/12/2019	7,1	13/12/2019	6,2	13/12/2019	6,5	13/12/2019	6,0	13/12/2019	*	13/12/2019	6,1	13/12/2019	6,1
14/12/2019	6,4	14/12/2019	6,9	14/12/2019	6,1	14/12/2019	6,1	14/12/2019	6,1	14/12/2019	*	14/12/2019	6,0	14/12/2019	6,0
23/12/2019	6,3	23/12/2019	7,2	23/12/2019	6,1	23/12/2019	6,7	23/12/2019	6,0	23/12/2019	*	23/12/2019	6,4	23/12/2019	6,1
27/12/2019	6,5	27/12/2019	7,1	27/12/2019	6,2	27/12/2019	6,5	27/12/2019	6,1	27/12/2019	*	27/12/2019	6,5	27/12/2019	6,3
30/12/2019	6,3	30/12/2019	7,1	30/12/2019	6,6	30/12/2019	6,4	30/12/2019	6,1	30/12/2019	*	30/12/2019	6,4	30/12/2019	6,4
<b>MÉDIA</b>	<b>6,7</b>	<b>-</b>	<b>7,0</b>	<b>-</b>	<b>6,8</b>	<b>-</b>	<b>6,6</b>	<b>-</b>	<b>6,2</b>	<b>-</b>	<b>6,0</b>	<b>-</b>	<b>6,5</b>	<b>-</b>	<b>6,4</b>

\*dados não coletados


Fonte: PRADO, Leonardo Ferreira, 2019.

## Anexo 3: RFA. - DFA – SEMMAC.



**PREFEITURA DE CATALÃO**  
Cidade que confia e faz.

República Federativa do Brasil  
Estado de Goiás  
Município de Catalão  
Secretaria Municipal de Meio Ambiente - SEMMAC  
Departamento de Fiscalização Ambiental - DFA



**RFA.2020.009.000-DFA-SEMMAC**

**RELATÓRIO DE FISCALIZAÇÃO AMBIENTAL**      Catalão, 15 de janeiro de 2020.

**I – IDENTIFICAÇÃO**  
**INTERESSADO:** Leonardo Ferreira Prado.  
**CPF:** 021.276.401-28.  
**ENDEREÇO:** Rua Madre Esperança Garrido, nº 21. Setor Central.  
**OBJETIVO:** Atendimento ao Protocolo 2020001352.

**II – DA FISCALIZAÇÃO**  
 Em atendimento a solicitação de emissão de Relatório de Fiscalização Ambiental (RFA) protocolado nesta Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMAC), pelo Sr. Leonardo Ferreira Prado, referente ao registro de denúncias de mau cheiro de barata, para utilização em pesquisa de pós-graduação sobre avaliação da água da chuva na Universidade Federal de Goiás (UFG), tem-se a informar que foi verificado nos registros do Departamento de Fiscalização Ambiental (DFA), no ano de 2019, o registro de 05 (cinco) denúncias referente ao denominado “cheiro de barata”, conforme tabela abaixo:

<b>Data</b>	<b>Hora</b>	<b>Bairro</b>	<b>Procedente</b>
20/01/2019	21h48	Santa Mônica	Não
22/01/2019	08h40	Zona Rural	Sim
26/02/2019	23h10	Pontal Norte	Não
05/06/2019	20h48	Primavera	Não
12/10/2019	19h04	Flamboyant	Não

Além disso, foi verificado que no dia 13 de fevereiro de 2019 foi realizado o atendimento de denúncia de emissão de grande quantidade de fumaça branca pela chaminé da empresa Mosaic Fertilizantes P & K Ltda.; no dia 29 de maio e 18 de novembro de 2019 foi realizado o atendimento de denúncia de odor denominado “cheiro de amônia” no bairro Pontal Norte; e no dia 05 de junho de 2019 foi realizado o atendimento de denúncia de emissão de fumaça preta pela chaminé da empresa Mosaic Fertilizantes P & K Ltda.

Trabalha Simples sem Burocracia

**Anexo 4. Colerimetro DR/980.**

Fonte: LAPAM de Química. Organização: PRADO, Leonardo Ferreira; 2019.

## Anexo 5. PHS – 3E.



Fonte: Laboratório, (CPTPI/UFG/RC). PRADO, Leonardo Ferreira; 2020.