

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM E ANÁLISE DE  
SISTEMAS AMBIENTAIS**

**LUCAS ANTÔNIO BRASIL GONÇALVES LACERDA**

**CORRELAÇÃO DAS ALTERAÇÕES DO USO E COBERTURA DO SOLO DE  
ACORDO COM AS VARIAÇÕES METEOROLÓGICAS E A ANÁLISE DA  
QUALIDADE TEMÁTICA DO MAPEAMENTO - REGIÃO DE SORRISO - MT**

**BELO HORIZONTE  
2021**

**Lucas Antônio Brasil Gonçalves Lacerda**

**CORRELAÇÃO DAS ALTERAÇÕES DO USO E COBERTURA DO SOLO DE  
ACORDO COM AS VARIAÇÕES METEOROLÓGICAS E A ANÁLISE DA  
QUALIDADE TEMÁTICA DO MAPEAMENTO - REGIÃO SORRISO - MT**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Antônio Nero  
(UFMG)

Coorientador: MSc. Alceu Raposo Júnior

Instituto de Geociências/ UFMG  
Belo Horizonte  
2021

L131c  
2021

Lacerda, Lucas Antônio Brasil Gonçalves.

Correlação das alterações do uso e cobertura do solo de acordo com as variações meteorológicas e a análise da qualidade temática do mapeamento - Região Sorriso - MT [manuscrito] / Lucas Antônio Brasil Gonçalves Lacerda. – 2021.

133 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientador: Marcelo Antônio Nero.

Coorientador: Alceu Raposo Júnior.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Cartografia, 2021.

Bibliografia: f. 98-111.

Inclui anexos.

1. Modelagem de dados – Aspectos ambientais – Teses. 2. Mudanças climáticas – Mato Grosso – Teses. 3. Meteorologia – Mato Grosso – Teses. 4. Sensoriamento remoto – Teses. I. Nero, Marcelo Antônio. II. Raposo Júnior, Alceu. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Cartografia. IV. Título.

CDU: 911.2:519.6(817.2)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS

### FOLHA DE APROVAÇÃO

#### **CORRELAÇÃO DAS ALTERAÇÕES DO USO E COBERTURA DO SOLO DE ACORDO COM AS VARIAÇÕES METEOROLÓGICAS E A ANÁLISE DA QUALIDADE TEMÁTICA DO MAPEAMENTO - SORRISO - MT**

**LUCAS ANTÔNIO BRASIL GONÇALVES LACERDA**

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS, como requisito para obtenção do grau de Mestre em ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS, área de concentração ANÁLISE, MODELAGEM E GESTÃO DE SISTEMAS AMBIENTAIS.

Dr. Marcelo Antonio Nero - Orientador  
IGC/UFMG

Dr. Evandro Lima da Silveira Batista  
CSR/UFMG

Dr. Sérgio Florêncio de Souza  
UFRGS

Dr. Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega  
IGC/UFMG

Belo Horizonte, 04 de junho de 2021.

---

Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Antonio Nero, Professor do Magistério Superior**, em 04/06/2021, às 17:48, conforme horário oficial de Brasília, com



fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Evandro Lima da Silveira Batista, Usuário Externo**, em 04/06/2021, às 17:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Sergio Florencio de Souza, Usuário Externo**, em 04/06/2021, às 17:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo Affonso de Albuquerque Nobrega, Professor do Magistério Superior**, em 04/06/2021, às 17:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0746616** e o código CRC **800C0968**.

## **AGRADECIMENTOS**

Os últimos anos foram de grande empenho, dedicação, discussões técnicas e científicas, noites sem o devido descanso e muito, muito aprendizado.

Neste momento, agradeço inicialmente a Deus pelas bênçãos diárias e força para prosseguir diante das adversidades e imprevisibilidades do dia a dia.

Minhas palavras e sentimento de gratidão aos meus queridos pais, Patricia e Hudson, que sempre se empenharam por proporcionar educação de qualidade, sempre acreditaram na educação como fator de mudança e sempre incentivaram a jamais desistir de nossas lutas. Minha eterna gratidão.

Agradeço as minhas irmãs, Priscila e Anna, pelo imenso apoio, cumplicidade e por serem inspirações essenciais para o desenvolvimento pessoal e acadêmico. Dedico e agradeço as minhas sobrinha Clarice e Catarina por fornecerem e inspirarem amor diariamente. Gratidão a Jasmim, minha namorada, base fundamental de apoio incondicional, amor e companheirismo, que foram importantíssimos para manutenção dos objetivos. Ao meu cunhado, Hebert pelo incentivo e interesse sobre o andamento do projeto.

Agradeço imensamente meu orientador Marcelo Antônio Nero, pelos conselhos e fundamental contribuição técnica ao longo do curso do mestrado, pela dedicação sem fim, também durante os fins de semana, companheirismo e paciência. Agradeço ao Programa de Pós Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, pela oportunidade de aperfeiçoamento, em especial, os membros da banca examinadora.

Agradeço a Brandt Meio Ambiente pelo conhecimento e desenvolvimento profissional e acadêmico, especialmente ao Allan pela compreensão em relação a importância do andamento deste projeto de conclusão do mestrado. Agradecimento especial também ao Alceu Raposo e Cristiano Lisboa, que foram verdadeiros coorientadores deste projeto, desde o início foram peças chaves quanto a discussões metodológicas, busca por informações e sempre com grande dedicação para fornecer conhecimento sobre os mais diversos temas e buscar soluções que ultrapassam as relações profissionais. Gratidão aos colegas e amigos do ambiente de trabalho que incentivaram e vivenciaram diariamente esses processos e deram apoio fundamental para prosseguir. Obrigado ao Douglas, César, Anderson, Valdiney e Kênia.

## RESUMO

As alterações no uso e cobertura do solo em decorrência de atividades humanas causam diversas alterações no clima e no meio ambiente. Assim, para avaliar os impactos gerados pela alteração do uso e cobertura do solo, bem como verificar comportamento de variáveis meteorológicas, buscou-se na presente pesquisa, analisar através de mapeamentos temáticos temporais, a dinâmica qualitativa e quantitativa de alterações na paisagem. Dessa maneira, levou-se em conta as atividades humanas e a análise do comportamento de dados meteorológicos captados por estação automática do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), considerando-se a área de influência da estação localizada em Sorriso-MT, que possui contexto de grandes áreas de produção de grãos como soja e milho. O objetivo desta pesquisa é identificar alterações no uso e cobertura do solo obtido através da classificação de imagens dos satélites LANDSAT 5 e 8, e a variação meteorológica, considerando-se a variabilidade climática em termos globais. A análise foi realizada para o período da disponibilidade dos dados meteorológicos para a Região de Sorriso-MT entre os anos de 2004 a 2020. Neste trabalho, foi realizado o mapeamento temático a partir da classificação supervisionada destas imagens, baseada em objetos, utilizando o classificador Support Vector Machine (SVM). Posteriormente, foi realizado o processo de validação da classificação, por amostragem, com o emprego da matriz de confusão e pela análise do índice Kappa. Na busca por respostas quanto à correlação mencionada, verificou-se que os dados meteorológicos apresentam inconsistências, seja por falhas no sistema de captação e ou transmissão de dados. Considerando-se a grande variabilidade destas informações, características da área de estudo e o período de análise, foi percebido, que os dados meteorológicos, tais como, a precipitação, a temperatura, a radiação e a umidade relativa do ar não apresentaram comportamento de tendência que permita afirmar que neste caso, houve influência das alterações do uso e cobertura do solo no clima local. Para fins de validação da metodologia aplicada, realizou-se o mesmo procedimento, mas restrito apenas aos dados meteorológicos, considerando a estação meteorológica de Manacapuru - AM. Esta estação de controle para esta pesquisa foi selecionada seguindo critérios de localização quanto a mesma bacia hidrográfica da área de estudo principal, data de funcionamento da estação meteorológica e baixo grau de alteração do uso e cobertura do solo considerando dados do Mapbiomas. Foram utilizados também dados do WorldClim para verificação da existência de comportamentos extremos entre este e dados do INMET. Finalmente, concluiu-se que as variações meteorológicas tiveram grande associação a ocorrência de fenômenos atmosféricos globais.

**Palavras-Chave:** alterações climáticas, sensoriamento remoto, meteorologia, modelagem, classificação, validação

## ABSTRACT

Changes in land use and land cover as a result of human activities cause several changes in the climate and the environment. Thus, to assess the impacts generated by the change in land use and land cover, as well as to verify the parameters of the meteorological variables. This research sought to analyze, through temporal thematic mappings, the qualitative and quantitative dynamics of changes in the landscape. Thus, human activities and the analysis of the behavior of meteorological data captured by INMET's automatic station were taken into account, considering an area of influence of the station located in Sorriso-MT, which has the context of large areas of production of grains such as soybeans and corn. The objective of this research is to identify changes in land use and general land cover from the classification of images from LANDSAT 5 and 8 satellites, and a meteorological variation, considering the climate variability in global terms. The analysis was carried out for the period of availability of meteorological data for the region of Sorriso-MT between the years 2004 to 2020. In this research, the thematic mapping was carried out based on the object-based classification supervision of these images, using the classifier Support Vector Machine (SVM). Subsequently, the classification validation process was carried out, by sampling, using the confusion matrix and analyzing the Kappa index. In the search for answers regarding the mentioned classification, it was found that the meteorological data have inconsistencies, either due to failures in the capture system or data transmission. Seeing the great variability of this information, characteristics of the study area and the period of analysis, it was noticed that meteorological data, such as the remodeling, temperature, radiation and relative humidity of the undissipated air of trend that allows to state that in this case, there was an influence of changes in land use and land cover on the local climate. For the purpose of validating the applied methodology, the same procedure is applied, but restricted only to meteorological data, considering the meteorological station in Manacapuru - AM. This control station for this research was obtained following location criteria regarding the same hydrographic basin of the main study area, meteorological station operating data and low degree of change in land use and land cover considering data from Mapbiomas. WorldClim data were also used to verify the existence of extreme patterns between this and INMET data. Finally, it is concluded that meteorological variations were strongly associated with the occurrence of global atmospheric phenomena.

**Keyword:** climate change, remote sensing, meteorology, modeling, classification, validation

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Tabela 01 - Ocorrência do EL Niño ou La Niña. (NOAA, 2021).....	17
Tabela 02 - Série histórica da temperatura média global (continente e oceano) entre 1980 e 2020 (NASA, 2020). .....	18
Figura 01 - Série histórica da temperatura média global (continente e oceano) entre 2000 e 2020 (NASA, 2020).....	19
Figura 02 - Segmentação de imagem de satélite. Em (a), exemplo de imagem obtida por meio de imageamento de satélite e (b) a mesma área da imagem segmentada (Fonte: Definiens Imaging, 2008).....	25
Tabela 03: Classificação para interpretação do índice Kappa. Adaptado (FOODY, 2020). .....	36
Figura 03 - Localização da área de estudo (autor) .....	38
Figura 04 - Gráfico de precipitação acumulada entre 1981 e 2010 (INMET, 2021) .....	42
Figura 05 - Gráfico de Temperatura média, máxima e mínima absoluta entre 1981 e 2010 (INMET, 2021) .....	43
Figura 06 - Gráfico de Umidade relativa entre 1981 e 2010 (INMET, 2021) .....	43
Figura 07 - Gráfico da área Plantada. Fonte: IBGE - Produção Agrícola Municipal, 2020 .....	44
Quadro 01 - Número efetivo do rebanho em Sorriso - MT - Fonte: Pesquisa da Pecuária Municipal .....	45
Figura 08 - Fluxograma metodológico geral .....	47
Quadro 02 - Identificação das imagens de satélite utilizadas nesta pesquisa.....	49
Figura 09 - Fluxograma geral da metodologia desenvolvida para classificação .....	50
Tabela 04 - Atribuições e pesos para o processo de segmentação.....	52
Figura 10- Árvores de processo de segmentação .....	54
Figura 11 - Amostras de resultados do processo de segmentação .....	55
Quadro 03 - Classes de uso e cobertura do solo utilizados na pesquisa (Adaptado: IBGE, 2013). .....	56
Figura 12- Exemplo de amostras coletadas pela plataforma do Google Earth .....	57
Figura 13 - Exemplo de resultado de classificação supervisionada utilizando SVM .....	59
Tabela 05 - Exemplo de dados meteorológicos consolidados com amplitude mensal e anual (INMET, 2021) .....	61
Quadro 04 - Exemplo para geração de média onde não haviam informações oficiais quanto a variáveis meteorológicas	62
Quadro 05 - Matriz de confusão e índice Kappa.....	64
Tabela 06 - Resultado da classificação supervisionada tabela de classificação do índice kappa conforme autores renomados e de referência na área de pesquisa. ....	65



Quadro 06 - Quantitativos de classes de uso e cobertura do solo para o ano de 2020 .....	65
Figura 14 - Mapa de uso e cobertura do solo para o ano de 2020. Fonte: Autor,2021 .....	67
Quadro 07 - Quantitativos de classes de uso e cobertura do solo para o ano de 2004 .....	68
Figura 15 - Mapa de uso e cobertura do solo para o ano de 2004. Fonte: Autor,2021 .....	69
Quadro 08 - Quantitativos de alteração de classes de uso e cobertura do solo 2004 -2020.....	70
Figura 16 - Mapa da dinâmica de alteração do uso e cobertura do solo do ano 2004 para o ano 2020 .....	71
Quadro 09 - Anos e variáveis com identificação de inconsistência de dados referentes a estação meteorológica automática de Sorriso (INMET, 2021).....	73
Figura 17 - Gráfico de média anual de precipitação, temperatura absoluta, temperaturas mínimas e máximas para o período de 2004 a 2020 da estação automática de Sorriso (INMET, 2021).....	74
Figura 18 - Gráfico de média anual de radiação global para o período de 2004 a 2020 da estação automática de Sorriso (INMET, 2021).....	75
Figura 19 - Gráfico de média anual de umidade relativa do ar para o período de 2004 a 2020 da estação automática de Sorriso (INMET, 2021).....	76
Figura 20 - Gráfico de média anual de temperatura e umidade relativa do ar registrado pela estação automática de Sorriso à 0006 - UTC (INMET, 2021) .....	77
Figura 21 - Gráfico de média anual de temperatura e umidade relativa do ar registrado pela estação automática de Sorriso às 0012 - UTC (INMET, 2021).....	78
Figura 22 - Gráfico de média anual de temperatura e umidade relativa do ar registrado pela estação automática de Sorriso às 0018 - UTC (INMET, 2021).....	79
Figura 23 - Gráfico de média anual de temperatura e umidade relativa do ar registrado pela estação automática de Sorriso às 0000 - UTC (INMET, 2021).....	80
Figura 24 - Gráfico de média anual de temperatura e umidade relativa do ar registrado pela estação automática de Sorriso às 00, 06, 12 e 18h - UTC (INMET, 2021).....	81
Quadro 10 - Exemplo para geração de média onde não haviam informações oficiais quanto a variáveis meteorológicas	81
Figura 25 - Gráfico com informações adaptadas de média anual de precipitação, temperatura absoluta, temperaturas mínimas e máximas para o período de 2004 a 2020 da estação automática de Sorriso (Adaptado INMET, 2021) ...	82
Quadro 11 - Média de variáveis meteorológicas e da Estação de Sorriso e ocorrência do El Niño ou Lã Niña. ....	83
Figura 26 - Gráfico com informações adaptadas de média anual de umidade relativa do ar para o período de 2004 a 2020 da estação automática de Sorriso (INMET, 2021) .....	84
Figura 27 - Gráfico de precipitação média acumulada e temperatura máxima média para o período de 2001 a 2018 - (WorldClim, 2018).....	85

Quadro 12 - Quantitativos de uso e cobertura do solo em área de influência da Estação Meteorológica de Manacapuru - AM - Fonte: Adaptado Mapbiomas v 4.1, 2021).....	86
Figura 28 - Gráfico de percentuais de uso e cobertura do solo nos anos 2004 e 2019 do entorno da estação meteorológica de Manacapuru - AM. Fonte: Adaptado Mapbiomas v 4.1, 2021).....	87
Figura 29 - Uso e cobertura do solo - Ano 2004/ 2019 - Estação Manacapuru - AM. Fonte: Adaptado Mapbiomas v 4.1)88	
Quadro 13 - Anos e variáveis com identificação de inconsistência de dados referentes a estação meteorológica automática de Manacapuru -AM (INMET, 2021).....	89
Figura 30 - Gráfico de média anual de precipitação, temperatura absoluta, temperaturas mínimas e máximas para o período de 2009 a 2020 da estação automática de Manacapuru - AM (INMET, 2021).....	90
Figura 31 - Gráfico de média anual de radiação global para o período de 2009 a 2020 da estação automática de Manacapuru - AM (INMET, 2021).....	91
Figura 32 - Gráfico de média anual de umidade relativa do ar para o período de 2009 a 2020 da estação automática de Manacapuru (INMET, 2021) .....	92
Quadro 14 - Modelo para geração de média onde não haviam informações oficiais quanto a variáveis meteorológicas	93
Figura 33 - Gráfico de média anual de precipitação, temperatura absoluta, temperaturas mínimas e máximas para o período de 2009 a 2020 da estação automática de Manacapuru - AM (INMET, 2021).....	93
Quadro 15 - Média de variáveis meteorológicas da estação Manacapuru e ocorrência do EL Niño ou La Niña.....	94
Figura 34 - Gráfico de média anual de umidade relativa do ar para o período de 2004 a 2020 da estação automática de Manacapuru - AM (INMET, 2021).....	95

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

CQNUMC - Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*

NDVI - Normalized Difference Vegetation Index

NDWI - *Normalized difference water Index*

NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration*

OBIA - object-based image analysis

PAM - PRODUÇÃO AGRÍCOLA MUNICIPAL

PBMC - Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas

PDI - Processamento Digital de Imagem

SAVI - *Soil-adjusted vegetation Index*

SIG - Sistemas de Informação Geográficas

USGS - *United States Geological Survey*

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	15
2.1	Mudanças e variabilidades climáticas .....	15
2.2	Histórico Geral da Agricultura no Brasil e ocupação da região de Sorriso .....	22
2.3	Processamento Digital de Imagem .....	24
2.4	Classificação .....	24
2.4.1	Geographic Object Based Image Analysis (GEOBIA) .....	24
2.4.2	Segmentação de imagens .....	25
2.4.2.1	Segmentação por borda .....	26
2.4.2.2	Segmentação por crescimento de regiões.....	26
2.4.3	Fator de escala e descritores de atributos (espectrais, texturais e contextuais) .....	28
2.4.4	Atributos espectrais .....	28
2.4.5	Criação de índices com base em imagens multiespectrais .....	29
2.5	Amostragem para classificação de imagens.....	31
2.6	Métodos de classificação de imagens .....	31
2.6.1	Classificação pixel a pixel .....	32
2.6.2	Classificação por regiões .....	32
2.7	Classificação supervisionada e não supervisionada .....	33
2.8	Classificadores.....	33
2.9	Método de validação da qualidade temática .....	34
3	ÁREA DE ESTUDO .....	37
3.1	Bacia Hidrográfica.....	39
3.2	Bioma e vegetação .....	39
3.3	Geomorfologia.....	40
3.4	Geologia e pedologia .....	41
3.5	Climatologia aplicada a região de Sorriso .....	41
3.6	Economia local.....	44
3.7	Potencialidade agrícola .....	46
4	METODOLOGIA .....	47
4.1	DADOS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA MUNICIPAL.....	47

4.2	Hardware, Softwares, Bases cartográficas e Imagens .....	48
4.2.1	Hardware.....	48
4.2.2	Softwares .....	48
4.2.3	Bases Cartográficas .....	48
4.2.4	Imagens de Satélite .....	49
4.3	Processos .....	50
4.4	Processamento Digital de Imagens.....	50
4.4.1	Composição .....	50
4.4.2	Fusão .....	51
4.4.3	Realce .....	51
4.4.4	Mosaico.....	51
4.4.5	Segmentação .....	51
4.4.6	Classes de uso e cobertura do solo .....	55
4.4.7	Amostras para classificação.....	56
4.4.8	Classificação .....	57
4.4.9	Validação do mapeamento temático.....	59
4.5	Procedimento de definição da estação controle (Estação Meteorológica Manacapuru - A119) .....	60
4.6	Obtenção de dados meteorológicos.....	60
4.7	WorldClim .....	62
5	RESULTADOS .....	63
5.1	Classificação do uso e cobertura do solo para a área de estudo no ano de 2020 e qualidade do mapeamento temático. ....	63
5.1.1	Matriz de confusão de confusão e qualidade do mapeamento temático.....	63
5.1.2	Quantitativos.....	65
5.1.3	Classificação do uso e cobertura do solo para o ano de 2004.....	68
5.1.4	Dinâmica das alterações do uso e cobertura do solo para a área de estudo (2004 - 2020).....	70
5.2	Dinâmica meteorológica da estação de Sorriso entre 2004 e 2020. ....	72
5.3	Alteração do uso e cobertura do solo e Variabilidade meteorológica.....	81
5.4	Comportamento de variáveis meteorológicas - WorldClim.....	85

5.5	Dinâmica da alteração do uso e cobertura do solo na área de influência da estação de controle (Manacapuru- AM) para o período de 2004 e 2019 utilizando dados secundários - Estação controle.....	86
5.6	Dinâmica meteorológica da estação de Manacapuru- AM entre 2009 e 2020.....	88
5.7	Validação de indícios da correlação entre variabilidade meteorológica e alteração do uso e cobertura do solo considerando dados da estação controle.....	92
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	96
7	REFERENCIA.....	98
	ANEXO 01- Dados completos da estação meteorológica de Sorriso - MT .....	112

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Este trabalho possui aderência aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil apresentados pela ONU (2018), em especial ao objetivo número 13 (Ação contra a mudança global do clima), pois visa analisar dados de uso e cobertura do solo e meteorologia e pode conscientizar e alertar sobre riscos relacionados a mudanças climáticas.

As mudanças climáticas são definidas como “as mudanças de clima no tempo devido à variabilidade natural e/ou resultado das atividades humanas” (IPCC, 2001). Já a definição indicada pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (CQNUMC) conceitua como “mudanças associadas direta ou indiretamente à atividade humana que alterem a variabilidade climática natural observada num determinado período”.

De acordo com o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2014), as alterações climáticas possuem impactos no regime hidrológico das regiões hidrográficas brasileiras de forma diversa peculiar. Contudo é importante ressaltar que o impacto da mudança do clima deve considerar a diversidade hidrológica do território brasileiro dada a sua diversidade de sistemas ecológicos e ambientes heterogêneos.

Segundo o IPCC (2007), as atividades humanas influenciam diretamente no aumento dos níveis globais de concentração de gases na atmosfera (carbono, metano e óxido nitroso), sendo o primeiro relacionado, principalmente, à utilização e queima de combustíveis fósseis e desmatamento ambiental, enquanto o metano e o óxido nitroso estão relacionados às atividades agrícolas. Para Pielke *et al.* (2011), os estudos indicam que mudanças no uso e cobertura do solo possuem por efeito sinérgico, potencial para causar variações climáticas em escala local e regional. Para Li *et al.* (2010), as alterações no uso e cobertura do solo são consideradas componentes de preponderância para mudanças climáticas globais e regionais, causando enorme impacto social e ambiental .

As florestas tropicais da Amazônia estão sendo reduzidas em grau elevado de intensidade e frequência nos últimos 50 anos, principalmente, pelo desmatamento para a expansão de áreas para atividades de agricultura, apresentando assim, altos riscos de mudanças irreversíveis na biodiversidade e nos ecossistemas. As mudanças climáticas apresentam riscos adicionais para a estabilidade das florestas. Alguns estudos, como Nobre *et al.* (2016) indicam que as alterações antrópicas nos ambientes terrestres, não devem transgredir “pontos de inflexão”. Estes pontos limites podem ser por exemplo, a variação de 4% no aquecimento médio global ou 40% de área desmatada em nível global.

Este trabalho tem como objetivo, avaliar a possibilidade de notação da correlação entre a alteração do uso da cobertura do solo e alterações de padrões comportamentais de dados meteorológicos captados por estações meteorológicas automáticas do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) na região do município de Sorriso-MT. É objetivo também, a validação da qualidade temática de mapeamento. Assim, a presente pesquisa buscou responder às seguintes perguntas: Considerando a análise em área de estudo de pouca amplitude geográfica dentro do contexto de um sistema climatológico e territorial, seria possível notar a correlação e interação entre degradação ambiental e dados meteorológicos em período definido? A variabilidade climática possui relação direta com a alteração da paisagem em escala local?



## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Mudanças e variabilidades climáticas**

De acordo com estudos de modelagem de cenários futuros elaborados pelo PBMC (2014), que considera as características climáticas, especialmente na Região da Amazônia, espera-se até o ano 2040, redução percentual de 10% na distribuição de chuva e aumento de temperatura de 1° a 1,5°C, considerando-se a manutenção da tendência de diminuição de 25% a 30% nas chuvas e aumento de temperatura entre 3° e 3,5°C no período 2041-2070. Já para as previsões realizadas para o final do século (2071-2100) as mudanças seriam mais críticas com clima significativamente menos chuvoso (redução de 40% a 45% nas chuvas) e muito mais quente (aumento de 5° a 6° de temperatura). Enquanto tais modificações de clima associados às mudanças globais podem comprometer o bioma em longo prazo (final do século), estudos observacionais e de modelagem numérica sugerem que caso o desmatamento alcance 40% na região, esperam-se mudanças drásticas no ciclo hidrológico com redução de 40% na pluviometria durante a estação seca (julho a novembro), bem como o impacto de aumento do aquecimento superficial em até 4°C. Assim, as mudanças regionais pelo efeito do desmatamento somam-se àquelas provenientes das mudanças globais, constituindo, portanto, condições propícias à prevalência de vegetação do tipo cerrado, sendo que esse problema de savanização da Amazônia tende a ser mais crítico na porção oriental.

Mudanças nos padrões de uso e cobertura do solo devido ao desmatamento podem produzir mudanças no calor latente e provocar, em última análise, influências nos índices de precipitação de duas maneiras importantes. Primeiro, um aumento na evapotranspiração e da umidade atmosférica que se transforma e diretamente aumenta a precipitação. Outro possível fenômeno é o aumento do aquecimento latente associado a este, o aumento de chuvas que pode ocasionar a uma circulação intensificada (por exemplo, a célula Hadley - circulação da atmosfera terrestre predominante nas latitudes equatoriais e tropicais), resultando em mudanças na umidade de fontes remotas. A utilização da cobertura terrestre para práticas como agricultura ou a urbanização muitas vezes interrompem o fornecimento de água por meio de mudanças no equilíbrio da água de superfície e a partição da precipitação em evapotranspiração, escoamento e fluxo de águas subterrâneas (MARENGO, 2006).

Na região da Amazônia, tem-se o conhecimento científico da correlação direta existente entre a presença de água quente no Pacífico e fenômenos de secas e incêndios florestais na Amazônia. Se um modelo climático mostra o aquecimento do Pacífico e nada acontecendo na Amazônia, isso significa que lá está faltando algo no modelo. A ligação entre

as águas quentes do Oceano Pacífico e secas e incêndios florestais na Amazônia são demonstrados pela coincidência completa desses eventos na Amazônia com o passado “Condições semelhantes ao El Niño”, por exemplo em 2003, 1997 e 1982. Ocorrência e impacto do El Niño são, portanto, uma âncora na realidade - deriva da observação direta e não dependem dos resultados dos modelos climáticos (FEARNSIDE, 2009).

A variabilidade da precipitação anual na América do Sul ocorre em função de eventos climáticos como El Niño e La Niña. Na região Amazônica, por exemplo, dados de precipitação sofrem efeitos negativos diante da ocorrência do El Niño e efeito reverso durante a atuação da La Niña, indicando que estas variáveis são as principais fontes de variabilidade na América do Sul (GRIM, 2009).

Para a realização do monitoramento dos fenômenos climáticos globais, a NASA (2021), observa comportamento de variáveis como do solo, ar e espaço para que se possa, juntamente com modelos teóricos, obter um panorama das situações, passadas, presentes e futuras do planeta. Os registros de dados climáticos evidenciam os principais indicadores de mudança climática, como aumentos globais de temperatura terrestre e oceânica; elevação do nível do mar; perda de gelo nos polos da Terra e nas geleiras das montanhas; mudanças de frequência e gravidade em condições meteorológicas extremas, como furacões, ondas de calor, incêndios florestais, secas, inundações e precipitação, bem como as mudanças na cobertura das nuvens e da vegetação, para citar apenas alguns. Desde o período pré-industrial, estima-se que as atividades humanas aumentaram a temperatura média global do planeta em aproximadamente 1 grau Celsius (1,8 graus Fahrenheit), um número que atualmente (2020) está apresentando crescimento de 0,2 graus Celsius por década. Estima-se que atualmente, o aquecimento global tem 95% de probabilidade de estar relacionado ao resultado de atividades humanas.

Os dados históricos de monitoramento da ocorrência de eventos naturais como El Niño e La Niña, disponibilizados pela instituição norte-americana *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), indicam a frequência de ocorrência destes fenômenos nas últimas décadas. Os dados indicam que qualquer variação superior a 0.5° (+/-) e que perdure por mais de cinco meses de análise é considerado uma anomalia climática. Isso é demonstrado na Tabela 01, onde as colunas Ano representa o ano do registro, as colunas representam os meses (por exemplo, JAN = janeiro, FEV = fevereiro e assim por diante).

Tabela 01 - Ocorrência do EL Niño ou La Niña. (NOAA, 2021).

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1990	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4
1991	0.4	0.3	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.6	0.6	0.8	1.2	1.5
1992	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	0.7	0.4	0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1
1993	0.1	0.3	0.5	0.7	0.7	0.6	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.1
1994	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	1.0	1.1
1995	1.0	0.7	0.5	0.3	0.1	0.0	-0.2	-0.5	-0.8	-1.0	-1.0	-1.0
1996	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5
1997	-0.5	-0.4	-0.1	0.3	0.8	1.2	1.6	1.9	2.1	2.3	2.4	2.4
1998	2.2	1.9	1.4	1.0	0.5	-0.1	-0.8	-1.1	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6
1999	-1.5	-1.3	-1.1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.1	-1.1	-1.2	-1.3	-1.5	-1.7
2000	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.6	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7
2001	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3
2002	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.4	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.1
2003	0.9	0.6	0.4	0.0	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4
2004	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7
2005	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.6	-0.8
2006	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.1	0.0	0.1	0.3	0.5	0.8	0.9	0.9
2007	0.7	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	-1.1	-1.3	-1.5	-1.6
2008	-1.6	-1.5	-1.3	-1.0	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	-0.2	-0.4	-0.6	-0.7
2009	-0.8	-0.8	-0.6	-0.3	0.0	0.3	0.5	0.6	0.7	1.0	1.4	1.6
2010	1.5	1.2	0.8	0.4	-0.2	-0.7	-1.0	-1.3	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6
2011	-1.4	-1.2	-0.9	-0.7	-0.6	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	-1.0	-1.1	-1.0
2012	-0.9	-0.7	-0.6	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.2
2013	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.6	0.7
2015	0.5	0.5	0.5	0.7	0.9	1.2	1.5	1.9	2.2	2.4	2.6	2.6
2016	2.5	2.1	1.6	0.9	0.4	-0.1	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.6
2017	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	-0.1	-0.4	-0.7	-0.8	-1.0
2018	-0.9	-0.9	-0.7	-0.5	-0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.8	0.9	0.8
2019	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5
2020	0.5	0.5	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.6	-0.9	-1.2	-1.3	-1.2
2021	-1.0	-0.9										

De acordo com dados da tabela 01, correspondente ao monitoramento da temperatura global da superfície terrestre, os dezenove anos com temperaturas mais quentes desde o início da série histórica em 1980, ocorreram após o ano 2000, sendo os anos de 2016 e 2020 os mais quentes já registrados dentro do espaço amostral. A temperatura global da superfície terrestre pode ser comparada com as temperaturas médias registradas entre o período de 1951 e 1980,

conforme apresentado a Tabela 02, onde a coluna ano se refere ao período de análise e a coluna temperatura, a oscilação de temperatura (graus) em relação a média do período entre 1951 e 1980. Segundos estes mesmos dados, desde 1980, não ocorreu nenhum registro de diminuição média da temperatura média global:

**Tabela 02 - Série histórica da temperatura média global (continente e oceano) entre 1980 e 2020 (NASA, 2020).**

<b>ANO</b>	<b>TEMPERATURA (°)</b>	<b>ANO</b>	<b>TEMPERATURA (°)</b>	<b>ANO</b>	<b>TEMPERATURA (°)</b>
1980	0.26	1994	0.32	2008	0.55
1981	0.32	1995	0.45	2009	0.66
1982	0.14	1996	0.33	2010	0.72
1983	0.31	1997	0.46	2011	0.61
1984	0.16	1998	0.61	2012	0.65
1985	0.12	1999	0.38	2013	0.68
1986	0.18	2000	0.39	2014	0.75
1987	0.32	2001	0.54	2015	0.90
1988	0.39	2002	0.63	2016	1.02
1989	0.27	2003	0.62	2017	0.93
1990	0.45	2004	0.54	2018	0.85
1991	0.41	2005	0.68	2019	0.98
1992	0.22	2006	0.64	2020	1.02
1993	0.23	2007	0.67		

Os mapas disponibilizados pelo Climate Change - NASA (2021), vide Figura 01, permitem visualizar o comportamento das variações de temperatura na Terra. As regiões representadas em azul escuro indicam áreas mais frias que a média e em vermelho escuro, áreas mais quentes que a média, sendo que ao final se apresenta um gráfico de evolução dessas temperaturas.

**Figura 01 - Série histórica da temperatura média global (continente e oceano) entre 2000 e 2020 (NASA, 2020)**



Relatando estudos mais regionalizados, Guyot et al. (1998) usaram dados de vazão de 17 grandes sub-bacias hidrográficas localizadas na bacia hidrográfica do Rio Amazonas e que mostraram que eventos climáticos provocaram grande perturbação em variáveis meteorológicas, como a forte diminuição de vazão durante eventos de El Niño e forte aumento durante o La Niña na parte Nordeste da Bacia do Amazonas, especialmente nas bacias dos rios Branco e Jari.

Nobre et al. (1991), realizaram estudos que buscavam avaliar os efeitos causados pelo desmatamento na Região Amazônica em variáveis climáticas regionais. Segundo este estudo,

quando ocorre a conversão de áreas florestadas para pastagem, a temperatura média anual da superfície terrestre tem balanço positivo de aproximadamente 2,5° C e redução da evapotranspiração em cerca de 30%, precipitação em 25% e escoamento em 20%. Ainda segundo Nobre et al. (1991), o período de seca teve aumento de duração na Região Sul da Bacia, indicando que áreas florestais poderiam não mais se recuperar considerando que florestais com características tropicais suportariam curtos períodos de seca.

A correlação entre desmatamentos, queimadas e alterações climáticas indicam a relação direta entre a degradação ambiental e emissões, bem como os lançamentos de gases causadores do efeito estufa na atmosfera. Considerando toda a correlação existente em um geossistema e suas variáveis, Silvestrini et al. (2011) apresentaram modelo probabilístico para ocorrência de incêndios induzidos por ação humana na região da Amazônia utilizando modelos conhecidos para calibração e indicaram a previsão de aumento do número de incêndios em todos os cenários apresentados. O estudo ainda indica que a ocorrência de incêndios está diretamente correlacionada com o desmatamento e condições climáticas, portanto, nota-se também que as mudanças climáticas podem desencadear aumento da probabilidade de ocorrência de incêndios. Brando *et al.* (2014), mostra que a interação entre mudanças climáticas e alteração do uso e cobertura do solo podem desencadear alto grau de degradação na região amazônica considerando grau de inflexão causado por incêndios. Este efeito sinérgico seria causado considerando que incêndios proporcionam redução áreas de dossel de árvores e biomassa, favorecem o surgimento de gramíneas que são mais susceptíveis a ação do fogo. O estudo considerou ainda eventos climáticos em períodos de estiagem que favorecem o cenário de ocorrência de incêndios florestais. Em cenários de modelagem de desmatamento, como o representado por Brando *et al.* (2020), a indicação é de que ocorre a interação entre alterações climáticas e variação de taxas de desmatamentos florestais. Para Schlee (2001), as alterações causadas por ações antrópicas, contribui para modificar os fatores climáticos locais, a partir de ações de modificação da cobertura do solo, como desmatamento e impermeabilização do solo.

Buscando relacionar o dinamismo da alteração da paisagem e variação de padrões meteorológicos, Merr (2020), explorou em seu estudo a análise de alteração no uso e cobertura do solo utilizando imagens do satélite LANDSAT e dados do Sistema Meteorológico Indiano para indicar a correlação entre modificações na paisagem e variações em dados de precipitação, evapotranspiração e temperatura. Singh *et al.* (2020) buscaram relacionar a alteração do uso e cobertura do solo com impactos no ecossistema e qualidade da

água em bacia hidrográfica localizada na China. Utilizando técnica de sensoriamento remoto para análise da região, os autores relacionaram a conversão de coberturas naturais para uso agrícola com a degradação ambiental e aumento de poluentes em recursos hídricos da região.

A observação de fenômenos meteorológicos pode ser realizada através da obtenção de informações de estação meteorológicas convencionais (EMC) ou estações meteorológicas automáticas (EMA). No Brasil, a rede de estações meteorológicas oficial é de responsabilidade do INMET, instituição responsável pelo gerenciamento de aproximadamente 300 (EMC) e 600 (EMA), dispersas no território brasileiro. As estações convencionais exigem leitura direta (processo manual) e por isto vem sendo substituídas pelas estações automáticas, onde os sensores emitem sinais elétricos, são captados por sistema de aquisição, processam, armazenam e enviam dados de forma automatizada. A análise de dados meteorológicos, a partir de estações, permite analisar o comportamento de variáveis ao longo de horas, dias, meses e anos. As estações meteorológicas do INMET (2011), são interligadas a vários sensores dos parâmetros meteorológicos (pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento, etc.), que integra os valores observados minuto a minuto e os disponibiliza automaticamente a cada hora em plataforma de acesso público.

Mendonça et al (2007) menciona que a realização de análises de padrões temporais e espaciais de variáveis meteorológicas como a precipitação, são de grande importância na busca por compreensões relacionadas ao ciclo hidrológico, funcionamento de ecossistemas e seus mecanismos e processos associados. As análises também são elementos de importância para fundamentação acerca de mudanças climáticas globais.

É necessário observar a área de influência das estações para aplicar os dados obtidos a estudos territoriais ou com áreas definidas, A representatividade de uma observação é o grau em que ela descreve com precisão o valor da variável necessária para uma finalidade específica, para análise de dados meteorológicos e correlação com o espaço as observações devem ser tipicamente representativas de uma área de até 100 km ao redor da estação, mas para aplicações locais ou em pequena escala, a área considerada pode ter dimensões iguais ou inferiores a 10 km (WMO, 2018).

Maduro. et al (2020), mencionam a necessidade de acesso a um grande banco de dados que, com informações referentes às alterações/séries temporais do uso e cobertura do solo, variações climáticas e informações de saúde pública, permite analisar a correlação entre estas variáveis. Segundo os mesmos autores, para o território brasileiro, levando-se em

consideração a Região da Amazônia Legal, estão disponibilizados os mapeamentos do MapBiomas e os dados das estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

O mapeamento do uso e cobertura do solo e a identificação de feições presentes na paisagem, são fundamentais para obtenção de resultados objetivados neste estudo. Como forma de obtenção de informações de objetos localizados na superfície terrestre, o sensoriamento remoto é uma tecnologia que permite a identificação, interpretação e análise de dados obtidos através de imagens de satélites, sendo assim possível pelas diferentes respostas espectrais que objetivos remetem ao sensor (FLORENZANO. 2012). Vale destacar ainda, trabalhos recentes na análise de uso e ocupação do solo com emprego de imagens de satélite Worldview 2, tal como apresentado em Borges, Júnior e Lacerda (2021).

## **2.2 Histórico Geral da Agricultura no Brasil e ocupação da região de Sorriso**

No Brasil, o agronegócio é uma das importantes atividades econômicas, representando no ano de 2020 o equivalente a 26,6% (CEPEA, 2021) do PIB brasileiro. Porém, ocorrem intensas alterações no uso e cobertura do solo em detrimento dessas atividades, como a conversão de áreas de vegetação em lavouras ou pastagens. Isto abre uma boa oportunidade de pesquisa dentro do presente trabalho.

Conforme Graziano (1985) a formação histórica da agricultura brasileira iniciou-se no período colonial, sendo que a principal e grande atividade econômica que era exercida inicialmente pelos colonos em território nacional era o extrativismo de madeiras, tal como do pau-brasil. Além disso, o autor afirma que com o declínio do produto no mercado europeu em meados do século XVI, a produção do açúcar surgiu como alternativa para novos modos de utilização da terra e como subsídio para o domínio de grandes extensões territoriais. A produção da cana-de-açúcar foi o ponto inicial da atividade agrícola no Brasil, caracterizado por monocultura de exportação, produzida em latifúndios, principalmente, no litoral nordestino, sendo o início da intensificação do desbravamento do território brasileiro. No entanto, o setor açucareiro passou por sua primeira crise com o início da fase de exploração de metais preciosos no Estado de Minas Gerais, processo que favoreceu a emigração econômica e populacional para a Região Sudeste e o crescimento econômico do setor da agricultura voltado para produção de alimentos primários. Conforme esse mesmo autor, o declínio da extração mineral, após aproximadamente, 75 anos, volta o foco da economia para as lavouras de exportação, principalmente da cana-de-açúcar e em regiões do Estado de São Paulo, do Estado do Rio de Janeiro e de estados da Região Nordeste. Tais regiões até então



com grande aptidão agrícola para esse tipo de cultura, mas que volta a entrar em declínio produtivo e comercial pela redução da mão-de-obra escrava devido à proibição do tráfico negreiro, concorrência em contexto global pelo cultivo da cana-de-açúcar e do algodão em território norte - americano, além da redução da fertilidade do solo. O autor ainda ressalta que nesse contexto a Região Sul não possuía grande vocação das lavouras tipicamente tropicais, mas com característica da presença de pequenas propriedades e intensa atividade pecuária.

O início do ciclo cafeeiro representou o marco de uma nova dinâmica no território nacional. Segundo Szmrecsányi (1990), o café consolida historicamente a mudança regional das atividades econômicas da Região Nordeste para a Região Sudeste do Brasil. A produção cafeeira possibilitou a formação de novas alianças comerciais, principalmente com os Estados Unidos da América, que chegou a consumir metade da produção brasileira. Este fato possibilitou um grande aumento demográfico, incluindo mão-de-obra mais qualificada em lavouras de café e sendo foco de investimentos por parte do governo e dos empresários em infraestrutura para escoamento da produção. A crise de 1930 marcou novamente o início de um novo ciclo, com a superprodução e a queda do preço internacional do produto, sendo que se iniciou o processo de industrialização urbana no país e subsequentemente a modernização dos processos agrícolas.

Silva (1991) menciona que a década de 1960 marcou profundamente o modo de produção no campo. Assim, a agroindústria teve grande apoio do Estado que implantou políticas de crédito rural, visando incentivar o uso de máquinas e insumos no processo de produção. Dessa maneira, a utilização de insumos modernos beneficiou principalmente produtores de culturas de exportação como café e lavouras temporárias (cana, soja e trigo), já que esses possuíam mais recursos financeiros e poderiam utilizar mais insumos e consequentemente, aumentar a produção e o lucro. A modernização no campo pode significar também a causa de profundas consequências na estrutura agrária do país, considerando que as propriedades menores, geralmente, produziam alimentos de primeira necessidade e não poderiam obter grande aumento de custo produtivo. Isto devido à possibilidade de inflação e consequente aumento de salários para consumidores nos centros urbanos, o que propiciou o aumento da desigualdade econômica e a concentração de terras entre produtores.

Segundo De Castro (2014), a região Centro-Oeste do Brasil, foi o limite sul da fronteira da Amazônia Legal, pois constituiu objeto de intensa ocupação, com planos por parte de o governo militar de ocupar a região em direção à floresta amazônica (década de 60). Ainda segundo o autor, a região constituída predominantemente até então por pecuária extensiva e produção de gêneros alimentícios, passou a ser alvo de médios e grandes

empreendimentos agropecuários, tendo a soja e posteriormente milho, feijão e cana de açúcar como principais culturas produzidas na região. Dados da política de crédito rural evidenciam a relação direta com a representatividade da região Centro-Oeste e a cessão de benefícios, principalmente, aos grandes produtores de lavouras de exportação que utilizassem mecanismos da agricultura moderna, conhecida como Revolução Verde.

O histórico descrito acima, visa evidenciar dinâmicas e fatores que indicam o processo de alteração da região e conversão de áreas de floresta em áreas de cultivo, tendo em vista as grandes extensões territoriais com presença de lavouras na região.

### **2.3 Processamento Digital de Imagem**

A primeira etapa para classificação de imagem é o tratamento do subsídio ou em outros termos, a realização processamento digital de imagens. Segundo Gonçalves (1997), o PDI tem como função primordial o desenvolvimento e a utilização de técnicas para identificar, extrair, condensar e realçar informações de interesse para determinados fins, a partir de uma enorme quantidade de dados que usualmente compõem a imagem. Portanto deve realizado processamentos como composição, fusão e se necessário realce e geração de mosaico, caso necessário.

### **2.4 Classificação**

#### **2.4.1 Geographic Object Based Image Analysis (GEOBIA)**

No processo de classificação utilizando a análise orientada a objetos, ou análise geográfica de imagens baseada em objetos, o elemento de classificação ocorre por regiões de pixels que apresentam homogeneidade em suas propriedades (Blaschke, 2010). Este método de classificação, permite explorar outros atributos da imagem além do espectral, como forma e textura que permitem maior precisão no processo (Blaschke et al., 2014).

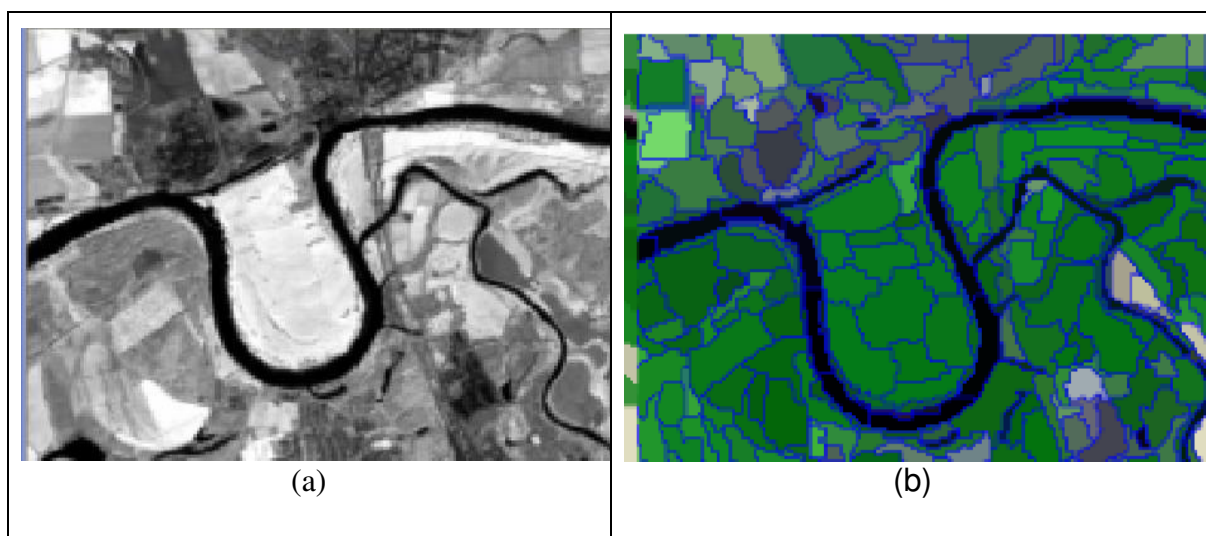
O processo de classificação deve ser uma padronização de etapas afim de buscar bons resultados. Os processos e suas variáveis estão descritos nos próximos itens, seguindo fluxo de execução de uma classificação de imagens (atributos, índices, segmentação, amostras, classificação e classificadores e métodos de validação).

### 2.4.2 Segmentação de imagens

Conforme Portes (2010), a segmentação de imagens de satélite é um processo de fragmentação da imagem, onde regiões espacialmente adjacentes são agrupadas considerando critérios de similaridade entre os pixels. Segundo Faria (2017), a segmentação ocorre através de delineamento dos objetos considerando variáveis de similaridade e descontinuidade das informações espaciais em aspectos de forma e textura em relação ao comportamento espectral semelhante de um conjunto de pixel.

De acordo com Definiens (2008), a segmentação é utilizada para subdividir uma imagem inteira em segmentos de imagens menores através do agrupamento de pixels que formam um conjunto com informações qualitativas em comum, gerando representação de relação entre a vizinhança do segmento e seus sub- segmentos. Um resultado de segmentação esta representado na figura abaixo (Figura 2).

**Figura 02 - Segmentação de imagem de satélite. Em (a), exemplo de imagem obtida por meio de imageamento de satélite e (b) a mesma área da imagem segmentada (Fonte: Definiens Imaging, 2008)**



Conforme, Baatz e Schåpe (2000), Blaschke e Strobl (2001) apud Luz, Antunes e Tavares Júnior (2010), o processo de segmentação multiresolução, acontece por meio de processo de decisão baseando-se em critério de fusão conforme padronização de critérios e homogeneidade como, as respostas espectrais e espaciais dos objetos identificados na imagem. Para isto também, deve ser considerado o tamanho médio dos objetos através de fator de escala determinado também pela necessidade do usuário.

De acordo com Braschke et al (2000) e Woodcock et al (1994), os processos de segmentação devem ter como resultado a presença de pixels considerando uma amplitude que mantenha e demonstre constância de pixels agrupado em uma mesma região.

Jong e Meer (2006), indicam que os métodos de segmentação são divididos em diferentes abordagens, tais como por pixel, borda e região. Na primeira abordagem, cada pixel da imagem representa uma unidade espacial e, portanto, não representa de forma homogênea uma segmentação. O método por meio de borda consiste em agrupar pixels com características semelhantes e assim realizar a delimitação diante de alteração brusca em valores de atributos. Por último, o método baseado em região, apresenta três sub conceitos (crescimento, fusão e divisão). No processo de segmentação considerando o critério de crescimento, um pixel é sorteado e são agregados vizinhos com similaridade, tamanho e homogeneidade. A segmentação por região, permite um agrupamento de pixels permitindo que a região cresça até que novos pixels não possam ser mais agrupados a um segmento específico. Em fusão, toda a área da imagem é subdividida em segmentos e estes são fundidos ou divididos de acordo com critérios de semelhança. Os dois últimos métodos são os mais utilizados, sendo descritos e referenciados de forma resumida no próximo item.

#### **2.4.2.1 Segmentação por borda**

A abordagem que considera delimitação de segmentos por bordas, busca realizar esta delimitação por meio dos gradientes de intensidade de níveis de cinza. Assim, o agrupamento ocorre quando existe mudança destes níveis considerando valores superiores a um limiar pré estabelecido.

Dessa maneira, conforme relata o INPE (2006) o algoritmo calcula um limiar para a perseguição de bordas, sendo que. Quando ele encontra um "*pixel*" com valor superior ao limiar estabelecido, tem-se início o processo de perseguição da borda. O mesmo autor considera que se observa a vizinhança para identificar o próximo "*pixel*" de maior valor de nível digital e segue-se nesta direção até que se encontre outra borda ou a fronteira da imagem. A seguir, deste processo gera-se uma imagem binária com os valores de 1 referentes às bordas e 0, a regiões de não-bordas. Finalmente, a imagem binária será rotulada de modo que as porções da imagem com valores 0 constituirão regiões limitadas pelos valores 1 da imagem, constituindo a imagem rotulada (INPE, 2006).

#### **2.4.2.2 Segmentação por crescimento de regiões**

Esta técnica tem por objetivo o agrupamento de pixels individuais ou conjuntos em grupos maiores. De acordo com a classificação (INPE, 2006), pixels somente podem ser agrupados desde que sejam vizinhos ou adjacentes. Portanto, este agrupamento só ocorre

desde que sejam similares considerando-se limiares estabelecidos, sendo estes últimos estabelecidos pelas semelhanças de descritores, como textura, resposta espectral (brilho), forma e contextualização. Este algoritmo de segmentação (crescimento de regiões) é aplicado *software e-Cognition*.

Como consolidação dos conceitos apresentados, Coutinho (2006), também indica que a segmentação deve apresentar regiões formadas por pixels com conectividade direta, apresentando o conjunto comum de características que indicam diferenciação entre uma região e seus vizinhos imediatos. Ainda segundo Coutinho (2006), o processo de segmentação pode gerar objetos em níveis diferentes de detalhamento, como a separação de super- objeto e sub- objetos, apresentando assim, níveis variados de detalhamento de acordo com o alvo da imagem. Como exemplo, é possível aplicar a uma área de cobertura florestal, sendo diferenciados os níveis de estágio sucessional (inicial e médio avançado, considerando-se dois níveis), sendo que em uma área rural a segmentação pode ser gerada considerando-se três níveis de análise (por exemplo, pastagem, área desnuda, cultivo agrícola). Luz *et al* (2010) também exemplifica a hierarquia de objetos realizando a comparação entre os dois grandes grupos (área urbana e área rural), sendo que no segundo objeto é possível realizar a divisão entre áreas de cultivo agrícola e pastagem, feições estas que não pertenceriam ao objeto “área urbana”. “O objetivo, nessa etapa do processo, é promover a categorização dos objetos de forma sucessiva e também explicitar as relações semânticas entre essas classes, de forma a emular o processo de reconhecimento de padrões humano” (LUZ, 2010).

A técnica de segmentação baseada no método de crescimento de regiões é uma das mais utilizadas em aplicações ambientais, pois permite extrair um conjunto mais rico de atributos e de selecionar amostras mais representativas de cada classe (VENTURIERI, 1995).

### **2.4.3 Fator de escala e descritores de atributos (espectrais, texturais e contextuais)**

De acordo com Fernandes *et al* (2012), o fator de escala determina a heterogeneidade máxima que será permitida para o agrupamento de pixels ou objetos da imagem, ou seja, o valor definido para este parâmetro, será proporcional ao tamanho máximo dos objetos segmentados. Segundo Desclée *et al* (2006), o fator de escala da segmentação é de grande importância para a realização dos agrupamentos de pixels vizinhos com características semelhantes. Complementando este conceito, o parâmetro de fator de escala, determina o desvio padrão máximo das variáveis que determinam a homogeneidade com relação às camadas de imagens, cabendo ao usuário, definir qual o valor adequado para o tipo de análise considerando que o parâmetro escala o que representa a heterogeneidade dentro da área de um segmento específico e determina também o tamanho deste segmento em cada nível de análise (Definiens, 2007); Silva et al ,2016).

### **2.4.4 Atributos espectrais**

Em relação aos atributos espectrais, texturais e contextuais, estes determinam padrões de objetos em imagens de satélites. Segundo Nóbrega (2007), os modelos de classificação realizam análise dos valores (números digitais) apresentados em pixels nas bandas espectrais, sendo estas diferentes respostas dos pixels nas diferentes bandas analisadas em conjunto (sobreposição de bandas) através de espaço multidimensional de atributos. Haralick *et al* (1973), indicam que os atributos espectrais estão relacionados às variações estatísticas dos valores das bandas do espectro eletromagnético. Já as características contextuais indicam a correlação entre um pixel/ segmento e seus vizinhos segundo à hierarquia determinada pela segmentação, relacionando objetos macro (grandes segmentos) com objetos (variações menores dentro do segmento e, por último, os atributos texturais são as propriedades padrões de áreas presentes na superfície terrestre, como é o caso das áreas de cultivo agrícola. Ainda no processo de classificação considerando atributos, e inicia-se considerando cada pixel como um objeto e agrupando-os através de um critério de heterogeneidade. O padrão de escala é formado pelos parâmetros de cor e forma, onde a cor é formada pela soma ponderada dos valores dos desvios padrões de cada objeto, e a forma é a união dos parâmetros de compacidade e suavidade (Baatz e Schape, 2001).

Em relação aos critérios de caracterização espectral, a principal característica é representada pela tonalidade (brilho e cor). Segundo Crósta (1993), a tonalidade está relacionada ao brilho dos objetos na imagem constituindo a média de valores na escala de cinza de cada objeto, sumarizando suas propriedades de reflectância e faixa de espectro eletromagnético que foi identificado pelo sensor de captação. Já o atributo cor é a

representação dos objetos após a composição de diferentes bandas do espectro eletromagnético. Os programas computacionais voltados para a classificação, podem distinguir milhares de cores, enquanto o olho humano tem grande restrição quanto a um número elevado de variações. Para Baatz e Schäpe (2000), a cor é o critério que representa a importância da resposta espectral para o processo de segmentação e a forma (aspecto textural) é definida por critérios de suavidade e compacidade onde o baixo valor de suavidade determina maior valorização ao contorno de objetos e enquanto um valor mais elevado atribui maior importância a geometria dos objetos. Haralick *et al* (1973) considera o parâmetro textura como o que pode ser avaliado como sendo fina, grossa ou lisa, ondulada, irregular ou linear. Kresler e Steinnocher (2006), descrevem a forma também de maneira subdividida entre compacidade e suavidade. O alto valor atribuído à compacidade produz segmentos menores e mais compactos, sendo mais aplicável a alvos como edificações e áreas urbanas. Já um alto valor de suavidade pode gerar segmentos com bordas mais homogêneas, geralmente as características de alvos naturais. A homogeneidade textural dos objetos e a compacidade pode ser definida através da razão de área do objeto e o raio de circunferência de abrangência, ambos variam entre 0 e 1.

#### **2.4.5 Criação de índices com base em imagens multiespectrais**

A criação de índices referenciados por imagens de satélite, possuem grande importância quanto a melhoria dos níveis de diferenciação espectral representada por algoritmos específicos que tornam os processos segmentação e classificação de imagens. Segundo Rouse *et al.* (1973), o NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), que apresenta amplitude de valores entre -1 e 1, indica que o agrupamento de pixels que mais se aproximam de 1, representam superfícies com presença de vegetação nativa florestal e podem evidenciar estágio sucessional da fitofisionomia. A obtenção do índice foi obtida para ambos os anos de análise (2004 e 2008), a partir da expressão (Equação 1) abaixo:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{V}) / (\text{NIR} + \text{V})$$

Onde: NIR = INFRAVERMELHO PRÓXIMO

V = VERMELHO

**(Equação 1)**

Segundo McFeeters (1996), o índice NDWI (Normalized Difference Water Index) permite ressaltar feições úmidas / e ou com presença de água no ambiente de análise através

da imagem de satélite, minimizando os demais alvos do entorno. A obtenção do índice foi obtida para ambos os anos de análise (2004 e 2008), a partir da expressão (Equação 2) abaixo:

$$\text{NDWI} = (\text{G} - \text{NIR}) / (\text{G} + \text{NIR})$$

Onde: G = BANDA VERDE

NIR = INFRAVERMELHO PRÓXIMO

**(Equação 2)**

Como critério de segmentação, também foi utilizado o índice SAVI (Soil- Adjusted Vegetation Index), que considera o efeito do solo exposto na área da imagem analisada. De acordo com Huete (1988), a variável L que é inserida nas expressões para extração do índice deve ter valor de acordo com a característica da área de estudo. Ainda segundo o autor, a atribuição de um valor para L que seja igual a 0,25 é indicado para vegetação densa, valor de 0,5 para vegetação com densidade intermediária e quando o valor de L for 1 é indicativo de vegetação com baixa densidade. Neste estudo, pela característica da vegetação, foi considerado o valor de 0,5, para ambos os anos de análise (2004 e 2008) e, portanto, foi gerado a partir da expressão (Equação 3) abaixo:

$$\text{SAVI} = (1+0,5) (\text{NIR}-\text{V}) / (0,5+\text{NIR}+\text{V})$$

Onde: NIR = INFRAVERMELHO PRÓXIMO

V= VERMELHO

**(Equação 3)**

Os autores Baatz et al., (2004) e Baatz et al. (2000), relatam que o algoritmo (multiscale segmentation) de segmentação aplicado no *software Ecognition* utiliza metodologia de crescimento de regiões. Nesta abordagem, o fator de similaridade é realizado a partir da identificação de heterogeneidade presente nas regiões. O resultado desta diferenciação é gerado a partir da variação existente entre os atributos de uma região e a somatória deste mesmo critério para as duas sub-regiões que serão agrupadas ou não de acordo com a similaridade resultante. Após esta resultante é calculada a heterogeneidade para os atributos de cor e forma. Ainda a partir das duas matrizes geradas, estas são somados de forma ponderada para formação do critério de similaridade que está representado pela expressão abaixo (Equação 4), onde wcor é o peso do atributo cor, hcor é o coeficiente de heterogeneidade do atributo cor e hforma é o coeficiente de heterogeneidade da forma.



$$f = w_{cor} \cdot h_{cor} + (1 - w_{cor}) \cdot h_{forma}$$

(Equação 4)

Ainda para o processo de segmentação utilizando o *software Ecognition* o analista precisa definir quatro parâmetros: fator de escala, peso para cada uma das bandas espectrais, peso para cor e peso para compacidade (Baatz et al., 2004; Baatz et al., 2000).

## 2.5 Amostragem para classificação de imagens

Conforme mencionado por Noguchi (2004), a boa seleção de amostras é imprescindível para que seja gerado uma boa classificação de uso e cobertura do solo. Segundo o autor, as amostras devem ser espacialmente homogêneas e representar toda a amplitude possível dentro de cada classe. Além disso, o campo amostral possui tamanho o suficiente para que a estimativa das características espectrais da classe de interesse seja realizada de forma correta.

Como item importante na busca de resultados satisfatórios quanto a classificação supervisionada, o número de amostras é indicado por, Mas *et al.* (2003). Segundo o autor, o tamanho de amostra se refere ao número de pontos de verificação usados para estimar a confiabilidade do mapa e quanto maior for o tamanho da amostra, mais preciosa será a avaliação. Porém, por razões de custo e tempo, é conveniente determinar o tamanho da amostra mínima, para atingir os objetivos da avaliação. A equação abaixo (Equação 1) representa a expressão que pode ser utilizada para definição do tamanho amostral:

$$n = (1.96^2) \left( \sigma^2 \right) (HW^{-2}) \quad e \quad \sigma^2 = (p(1 - p))^2$$

(Equação 5)

Onde:

n - tamanho da amostra;

HW - nível de confiança 93,2%. (bicaudal->HW=E=2,5%);

p - probabilidade de acerto;

q - probabilidade de erro

## 2.6 Métodos de classificação de imagens

O INPE (2006), define a classificação de imagens como processo de obtenção de informações da superfície terrestre com reconhecimento de padrões para identificação de objetos homogêneos de acordo com o assunto de interesse, gerando como resultado, a classificação apresentada por meio de classes espectrais, as quais são definidas como áreas com características espectrais semelhantes, considerando ainda que objetos pertencentes à mesma classe é dificilmente caracterizado por uma única assinatura espectral. Esta definição evoluiu para OBIA (object-based image analysis) e que conforme Qian et al 2020 este método busca considerar dos objetos ou segmentos e não somente as respostas espectrais apresentadas pelo pixel, mas também os atributos e propriedades lhe originaram.

### **2.6.1 Classificação pixel a pixel**

O método de classificação pixel a pixel utiliza a informação espectral de cada pixel na imagem de forma individualizada para busca de regiões homogêneas. Baatz e Schape (2000), indicam que para obtenção de informações homogêneas é mais viável na utilização de métodos por região entendendo que pixels analisados de forma individual não representam informações de forma objetiva, Blaschke *et al* (2008), mencionam as dificuldades e as desvantagens na utilização do método da classificação pixel a pixel, principalmente em imagens de alta resolução, entre elas a possibilidade do pixel ter tamanho menor ou igual aos objetos pesquisado na área de interesse e também pela grande heterogeneidade de informações geradas neste processo.

### **2.6.2 Classificação por regiões**

De acordo com o INPE (2006), este método de classificação, utiliza não somente a informação espectral de cada pixel de forma individual, mas também a relação espacial destes pixels com seus vizinhos, buscando reconhecer regiões homogêneas baseando-se em propriedades espectrais e espaciais, unindo regiões com propriedades semelhantes. Segundo Definiens (2008), este método se inicia considerando que as informações necessárias para os processos de segmentação e classificação não estão presentes somente nos pixels, mas também nos objetos e a relação espacial entre estes. Segundo Hay et al (2006) e Blashke (2010), a classificação orientada a objetos apresenta vantagens quanto à classificação pelo fato de ter abordagem de forma mais integrada, buscando contexto mais similares e trazendo benefícios qualitativos em termos de uso e ocupação do solo.

## 2.7 Classificação supervisionada e não supervisionada

Segundo o INPE (2006), a técnica de classificação supervisionada, pode ser aplicada quando o usuário possui informações que permitem a assertividade e identificação de uma classe de interesse, coletada através de amostras. Neste método, o analista fornece ao sistema, informações sobre os objetos recorrentes na imagem, os quais representam o comportamento espectral médio dos objetos, a partir da interpretação e visão do próprio técnico. As diferentes classes podem ser amostradas pelos segmentos gerados pelo programa computacional a partir de valores de pixels aproximados com características espectrais semelhantes. Assim, Novo (1992), afirma que a coleta manual de amostras é um treinamento para que o sistema faça uma classificação automática. Atualmente, esta coleta amostral pode ser realizada de maneira muito mais econômica e rápida, como por exemplo, a partir de dados obtidos diretamente do Google Earth ou plataforma similar, tais como em trabalhos realizados em Ludwig *et al* (2016), Carrasco *et al* (2019), Phan *et al* (2020), entre outros, sendo uma das metodologias aplicadas na presente pesquisa. Na classificação supervisionada, o analista define suas amostras de treinamento previamente. Assim, o valor espectral de cada pixel no ponto de treinamento é usado para definir o limite de decisão para tal classe. O algoritmo, então, classifica todos os pixels, ou objetos, de acordo com alguma regra de decisão. As amostras da área devem ser representativas às respectivas classes (SCHOWENGERDT, 2007).

Quando o usuário utiliza algoritmos para reconhecer as classes presentes na imagem, o treinamento é dito não-supervisionado. Ao definir áreas para o treinamento não-supervisionado, o usuário não deve se preocupar com a homogeneidade das classes. As áreas escolhidas devem ser heterogêneas para assegurar que todas as possíveis classes e suas variabilidades sejam incluídas. Os "pixels" dentro de uma área de treinamento são submetidos a um algoritmo de agrupamento ("clustering") que determina o agrupamento do dado, numa feição espacial de dimensão igual ao número de bandas presentes. Este algoritmo assume que cada grupo ("cluster") representa a distribuição de probabilidade de uma classe (INPE, 2006).

## 2.8 Classificadores

Existem diversos classificadores estatísticos como a Distância Euclidiana, Bhattacharya e o Clatex e também aqueles de inteligência artificial como o SVM. Um dos algoritmos mais conhecidos para realização de processos de classificação de imagens, o MAXVER (máxima verossimilhança), tem características, onde segundo Jensen (1986), considera que os valores de níveis de cinza apresentados em cada classe, possuem distribuição normal multivariada e por isto, avalia as probabilidades de pertencimento de pixels a classes amostradas e o assimila ao qual a existe maior probabilidade. Mas segundo ENVI (2007),

existem algoritmos mais avançados quanto à classificação de imagens, como o *Support Vector Machine* que realiza a separação, onde as classes ou regiões similares em espaço de alta dimensão e ainda apresenta alto grau de acurácia através de técnicas de aprendizagem por amostras. Ainda sobre o algoritmo SVM, Nascimento *et al.* (2009) menciona que o classificador é treinado pela coleta de amostras de maneira a aprender a classificação por meio de modelos e exemplos mesmo que não visto com a mesma distribuição probabilística.

Souza *et al.* (2009) realizaram a comparação dos resultados de acurácia que foram obtidos pelos classificadores (SVM) Support Vector Machine e MAXVER (máxima verossimilhança) e recomendou a utilização do SVM devido aos resultados mais satisfatórios quanto a índice Kappa e Exatidão Global.

Garofalo *et al.* (2015), avaliaram o desempenho dos classificadores digitais SVM e K-NN para mapeamento de uso e cobertura do solo utilizando imagens do satélite LandSat 8 e com o emprego de técnicas de classificação orientada a objetos ou object-based image analysis (OBIA). Os resultados da utilização do classificador SVM foram superiores se comparados ao K-NN, apresentando valores maiores de confiança quanto aos padrões de exatidão global e do índice Kappa.

## **2.9 Método de validação da qualidade temática**

Neste contexto, é imprescindível a utilização de metodologias que consigam quantificar estes erros de forma representativa e efetiva, atribuindo um nível de confiabilidade e precisão ao produto cartográfico do ponto de vista temático. As medidas de acurácia são estabelecidas como um componente básico no processo de criação e distribuição de mapas temáticos a partir da comparação do produto gerado com a sua realidade em campo (STEHMAN, 2009). A matriz de erro ou de confusão (CONGALTON; GREEN, 1999) é a forma amplamente utilizada para a validação dos mapeamentos temáticos, na comparação com os dados da verdade de campo. A partir dela são também utilizados os índices de concordância global, como a acurácia global e o coeficiente Kappa (COHEN, 1960). Estes índices são utilizados tradicionalmente para a quantificação do acerto geral dos mapeamentos temáticos e até hoje são utilizados como a forma mais efetiva de validação.

O índice Kappa é uma técnica aprimorada para classificação de qualidade temática através de matrizes de confusão, que representa a distribuição de percentuais de pixel classificados de forma correta ou erroneamente (Congalton, 1991). A análise de Kappa é uma técnica multivariada discreta usada na avaliação da precisão temática e utiliza todos os elementos da matriz de confusão no seu cálculo. O coeficiente Kappa (K) é uma medida da concordância real (indicado pelos elementos diagonais da matriz de confusão) menos a

concordância por chance (indicado pelo produto total da linha e coluna, que não inclui entradas não reconhecidas), ou seja, é uma medida do quanto à classificação está de acordo com os dados de referência (Figueiredo et al, 2007).

$$K = \frac{n \sum_{i=1}^c x_{ii} - \sum_{i=1}^c x_{i+} x_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^c x_{i+} x_{+i}}$$

**(Equação 6)**

Onde K é uma estimativa do coeficiente Kappa;  $x_{ii}$  é o valor na linha i e coluna i;  $x_{i+}$  é a soma da linha i e  $x_{+i}$  é a soma da coluna i da matriz de confusão; n é o número total de amostras e c o número total de classes.

É importante ressaltar a interpretação e as possibilidades de análise do índice Kappa que são aplicadas pelos vários autores, conforme abordado por Foody (2020), deve-se levar em conta os conceitos e as escalas de classificação do índice kappa apresentadas por Fleiss et al (1969), Lands e Kock (1977) (abordada em Congalton e Green, 1999) e Monserud e Leemans (1992). Essa abordagem resulta na tabela abaixo (Tabela 03).

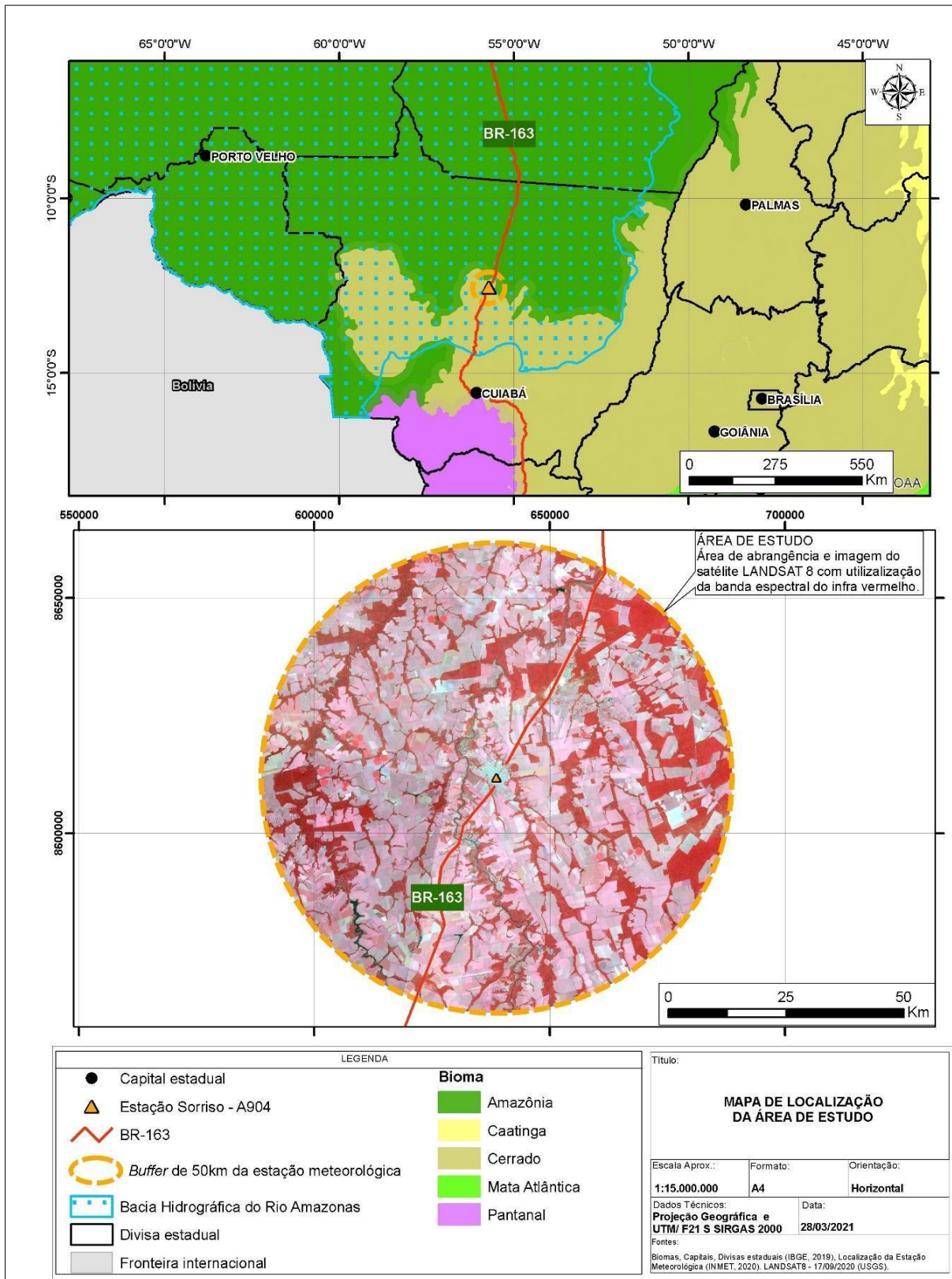
**Tabela 03: Classificação para interpretação do índice Kappa. Adaptado (FOODY, 2020).**

	Landis and Kock	Fleiss et al.	Monserud and Leemans
1.0	Quase perfeito	Excelente	Excelente ← Perfeito
0.8	Substancial		Muito Bom
0.6	Moderado	Suficiente para bom	Bom
0.4	Suficiente		Suficiente
0.2	Leve	Pobre	Pobre
0.0	Pobre		Muito Pobre
			Nenhuma

### **3 ÁREA DE ESTUDO**

Á área de abrangência deste estudo possui aproximadamente 7.850km<sup>2</sup>, sendo 65% desta área inserida no município de Sorriso-MT e o restante, nos municípios do entorno (Nova Ubitatã-MT, Vera- MT, Lucas do Rio Verde- MT, Ipiranga do Norte- MT e Tapurah-MT). A área de estudo foi definida considerando à área de influência circular de 50 km, área está definida como área de influência dos dados da estação especificada. A Organização Mundial de Meteorologia indica que a representatividade dos dados de uma estação meteorológica para estudos regionais é de até 100 quilômetros a partir do ponto de localização da estação. Portanto, a área de estudo corresponde à área de influência circular de 50 km a partir do ponto de localização da estação meteorológica do INMET, denominada estação “Sorriso A904”, que teve seu funcionamento iniciado em dezembro de 2002. As principais vias de acesso à região são as rodovias federais BR- 242 e BR- 163. A BR-163 que realiza importante ligação entre a região Sul do país e o Município de Santarém-PA no Estado do Pará, sendo a principal rota de escoamento produtivo do município.

Figura 03 - Localização da área de estudo (autor)





### **3.1 Bacia Hidrográfica**

A área de estudo está inserida de forma predominante na sub- bacia hidrográfica do rio Teles Pires (aproximadamente 5.080 km<sup>2</sup> - 65% da área de estudo). A sub- bacia hidrográfica do Rio Verde, afluente da margem esquerda, abrange aproximadamente 2.396km<sup>2</sup> (36%) da área de estudo e o restante (4%) está inserida nas cabeceiras da sub- bacia hidrográfica do Rio Tartaruga. As unidades do rio Teles Pires e rio Verde estão inseridas na bacia hidrográfica do rio Tapajós, este formado após a confluência do rio Teles e rio Jurema, de acordo com Camargo (2011). Toda a área de estudo está inserida na margem direita da bacia hidrográfica do Rio Amazonas.

De acordo com a SEMA (2016), a economia da região da bacia hidrográfica do rio Teles Pires é de predomínio do agronegócio, que compreende agricultura e pecuária, bem como extrativismo mineral, comércio, agroindústria e ecoturismo. A maior parte da bacia se caracteriza pela alta produção de grãos, agropecuária de corte e leite, extração madeireira, extração mineral e turismo.

### **3.2 Bioma e vegetação**

As formações vegetais predominantes na região de estudo correspondem às Savanas Arborizadas com floresta de galeria e à Floresta Estacional Semi-decidual Submontana (BRASIL, 1982). De acordo com o mapa de Vegetação do Brasil (2004), o território brasileiro é composto por cinco grandes biomas que são Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal. A área de estudo deste trabalho, está localizada em uma região de transição entre os biomas da Amazônia e Cerrado. Na região, portanto, podem ser encontradas fitofisionomias características da Amazônia (Floresta Ombrófila/Floresta Estacional) e Cerrado (formações savânicas e florestas estacionais).

O Manual Técnico da Vegetação Brasileira (2002), indica que as florestas ombrófilas estão vinculadas a fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25o C) e de alta precipitação, bem-distribuída durante o ano (de 0 a 60 dias secos), o que determina uma situação bioecológica praticamente sem período biologicamente seco, mas nos caso da região de estudo (região de Sorriso) a ocorrência desta vegetação ocorre embora sob clima tipicamente Tropical Estacional, com pelo menos três meses de período seco. Esta ocorrência pode ser explicada com a análise de outros fatores do ambiente, pois a umidade aí é sempre mantida, mesmo no período desfavorável, evidenciando que o clima não é o fator determinante para a manutenção desta umidade considerando a ocorrência ao longo de bordas de rios (fatores locais). Ainda de acordo com esta referência as florestas situadas em clima

estacional apresentam maior percentagem de plantas decíduais, imprimindo à vegetação um caráter ora de clímax climático (equilíbrio com o clima regional), ora de clímax edáfico (vegetação é condicionada pelo solo), de acordo com o terreno ocupado.

A Savana é caracterizada pelo Manual Técnico da Vegetação Brasileira (2002), vegetação xeromorfa, que ocorre sob distintos tipos de clima e reveste solos lixiviados aluminizados, com florística predominantemente amazônica, adaptada através do tempo aos Latossolos aluminicos e mesmo aos Neossolos Quartzarênicos com condicionamento a plantas oligotróficas, ora raquíticas, ora de baixa altura, entre 2 e 10 m.

De acordo com o Manual Técnico da Vegetação Brasileira (2002), o domínio morfoclimático onde está localizada a área de estudo, ocorre Contato Domínio Amazônico/Cerrado As chamadas Áreas de Transição (ou Tensão Ecológica), com ocorrência de vegetação dentro das fitofisionomias apresentadas condicionados pelas características topoclimáticas e/ou edáficas locais. Em Observações de campo realizada por autores do manual, há indicativa de variações associadas ao modelado do terreno, geralmente onde ocorrem florestas mais vigorosas à medida que se aproximam dos canais de drenagem, onde os solos possuem maior umidade.

De acordo com Zoneamento Sócio -Econômico- ecológico (2002), a região é de predomínio do Cerrado, onde se instalaram grandes culturas agrícolas anuais, apesar de estar situada entre duas grandes regiões fitogeográficas (Floresta Ombrófila e Cerrado).

### **3.3 Geomorfologia**

A descrição geomorfológica realizada pelo Brasil (1982), caracteriza a região de Sorriso pela constituição de unidade do Planalto dos Parecis e Planície e Terraço Fluvial que possuem como respectivos domínios, as Bacias Sedimentares e Coberturas Inconsolidadas e Depósitos Sedimentares Inconsolidados. O Planalto dos Parecis é caracterizado por extensa continuidade e também homogeneidade do relevo com predominância de formas dissecadas tabulares suavemente onduladas e drenagens de padrão dendrítico que corre para o norte rumo a planície amazônica, tal unidade é extremamente predominante na área de estudo. As planícies, presentes em áreas próximas aos principais cursos de água como o Rio Teles e que atravessa o município no sentido sul- norte é caracterizado por superfície aplainada, processo esse resultante de acumulação fluvial tornando essas regiões sujeitas a inundações sazonais e consequentes surgimentos de meandros abandonados.

### **3.4 Geologia e pedologia**

Segundo caracterização descrita por Brasil (1982), a região de estudo é caracterizada geologicamente por grande predomínio no território de coberturas detrítico- lateríticas e Formação Serra das Nuvens. As coberturas detrítico- lateríticas ocorrem principalmente nas superfícies de aplainamento no Planalto de Parecis é constituído em sua maior parte inferior por sedimentos areno- argilosos inconsolidados, em perfil médio por cangas lateríticas, essas responsáveis pela manutenção da elevada topografia da região e no horizonte superior composto por solos areno- argilosos de coloração vermelha e com concreções ferruginosas. A Formação Salto das Nuvens do Grupo Parecis está presente predominantemente na região do vale do rio Teles Pires e tal litologia se caracteriza com afloramentos condicionados a processos de dissecação ativa do Planalto Parecis, e generalizadamente constitui- se por conglomerados petromíticos com matriz argilo- arenosa intercalando- se por lentes de arenitos vermelhos com fina granulometria e ocasionalmente intercalados por basaltos. Em Tal região existe o predomínio de latossolos vermelhos (RADAM, 1982).

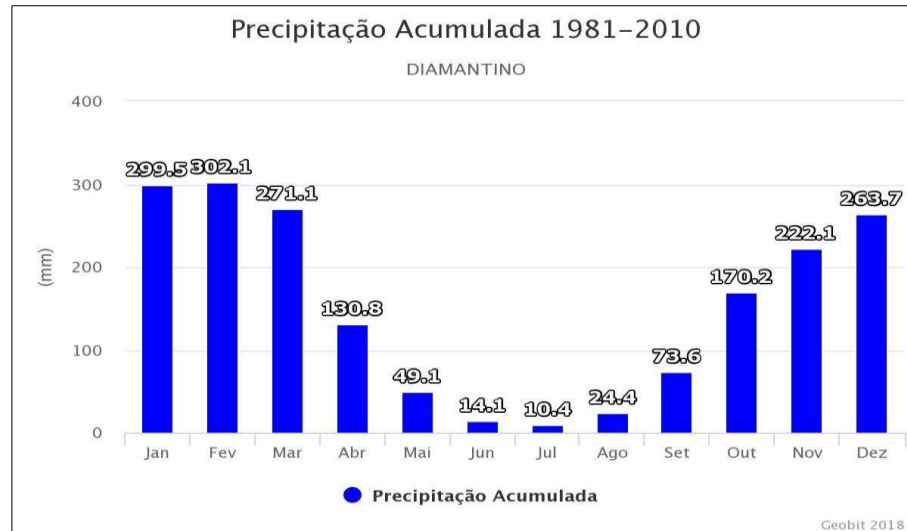
### **3.5 Climatologia aplicada a região de Sorriso**

Conforme a classificação de Köppen (1931) e o Mapa de Clima do Brasil (2002) a área de estudo está situada entre as zonas climática Equatorial e Tropical Brasil Central, classificados quanto a umidade em úmido e semi úmido respectivamente. Quanto ao regime de chuvas, a zona Equatorial possui em média 3 meses considerados secos e o Tropical Brasil Central entre 4 e 5 meses com essas características. Os eventos de precipitação ocorrem principalmente nas estações da primavera e verão. Ambas as zonas climáticas possuem temperatura média acima de 18° durante todo o ano.

De acordo com o INMET (2021), as normais climatológicas apresentam valores mensais e anuais obtidos pelo cálculo das médias dos principais parâmetros meteorológicos para os períodos de 1960- 1990 e 1981- 2020. Para este estudo foi considerado o último período disponibilizado e sendo demonstrados o padrão de distribuição de chuvas, umidade relativa do ar e temperaturas médias ao longo dos meses nos últimos 30 anos, ou seja, extraindo-se os dados de 1990 a 2020. Os dados apresentados a seguir, são referentes à Estação Climatológica de Diamantino - MT, sensor com disponibilidade deste tipo de informação e mais próximo à área de estudo, estando localizado a aproximadamente a um raio de 200 quilômetros em relação ao centro da área de estudo.

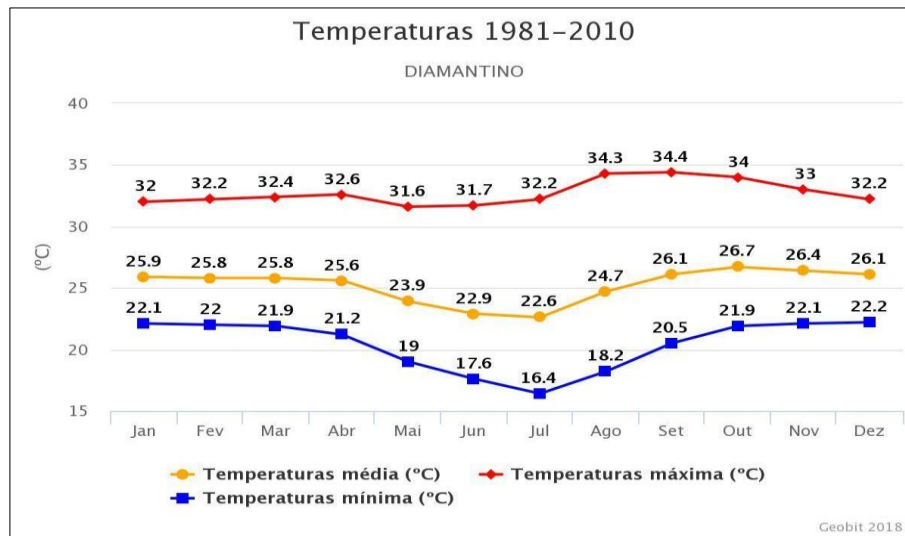
Como observado no gráfico da Figura 04, os volumes máximos de precipitação média mensal durante o período chuvoso ocorrem nos meses de janeiro (299,5 mm), fevereiro (302,1mm), e março (271,1 mm). O período com menores volumes de precipitação, são registrados nos meses de junho (14,1 mm e julho (10,4 mm).

**Figura 04 - Gráfico de precipitação acumulada entre 1981 e 2010 (INMET, 2021)**



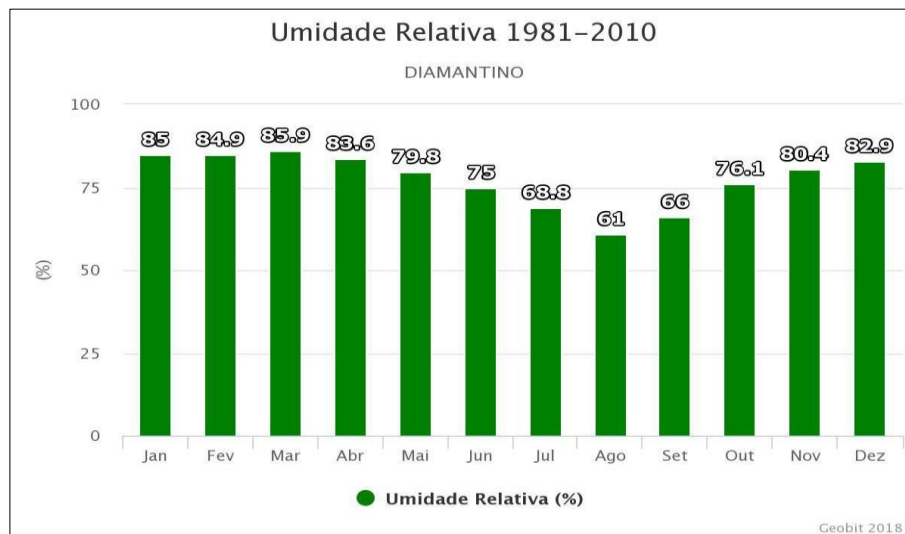
A temperatura média anual do ar registrada pela estação de Diamantino- MT indica que os maiores valores ocorreram nos meses de outubro, novembro e dezembro e as mais baixas nos meses de maio, junho e julho. Considerando as temperaturas médias máximas, estas ocorrem em agosto, setembro e outubro e os meses com maior amplitude térmica ocorrem nos meses de junho e julho (vide Figura 05).

**Figura 05 - Gráfico de Temperatura média, máxima e mínima absoluta entre 1981 e 2010 (INMET, 2021)**



A umidade relativa do ar registrada pela estação de Diamantino- MT indicou que a amplitude no período de 01 ano variou entre 61% e 86%. Durante quase todo o período de 01 ano, os indicadores são bons e estáveis, considerando-se o padrão de adequação para qualidade de vida humana (Figura 06), que segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) deve variar entre 50% e 80%.

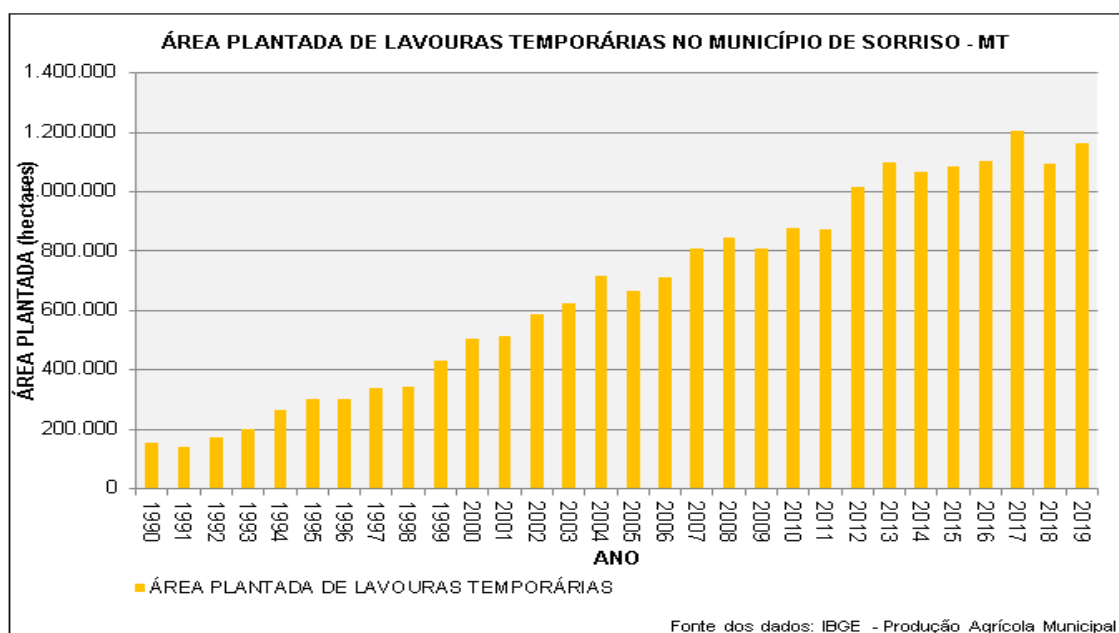
**Figura 06 - Gráfico de Umidade relativa entre 1981 e 2010 (INMET, 2021)**



### 3.6 Economia local

O município tem como principal atividade econômica o cultivo agrícola de grãos como soja e milho. O crescimento de área plantada de lavouras temporárias no território de Sorriso elevou-se a níveis superiores a 500% (Produção Agrícola Municipal - IBGE, 2020), considerando 1990, ano em que começaram a serem contabilizados os dados de produção agrícola municipal como tempo inicial (Figura 07) e dados de 2019. Desde 1997, o município assumiu o posto de município com a maior área plantada por cultura temporária de todo o país, ultrapassando naquele período o município de Campo Novo do Parecis, município localizado a sudoeste da região de Sorriso.

**Figura 07 - Gráfico da área Plantada. Fonte: IBGE - Produção Agrícola Municipal, 2020**



O processo de expansão agrícola no Município de Sorriso- MT aconteceu paralelamente ao crescimento da representatividade da soja nas exportações brasileiras, principalmente atendendo a grande demanda comercial da China, processo esse que pode justificar o valor do produto no mercado internacional. Segundo o Observatório Complexo da Economia (2021), no ano de 1990 o país asiático não chegava a ser destino de 1% da soja brasileira e já em 2019 representou 70% das exportações do produto. Ainda segundo o Observatório (2021). As principais exportações do Brasil são soja (\$ 26,1 bilhões), petróleo bruto (\$ 24,3 bilhões), minério de ferro (\$ 23 bilhões), milho (\$ 7,39 bilhões). Tal contexto a

nível nacional evidencia o aumento da produção no município com a maior área plantada do país.

A região da área de estudo é caracterizada de acordo com o Zoneamento Sócio - Econômico- ecológico (2002), por agricultura mecanizada é formada principalmente pelas culturas de grãos, sendo relevante a presença de médias propriedades, associadas a produtores familiares capitalizados.

Em relação a atividades de pecuária, segundo dados da Pesquisa da Pecuária Municipal (2019), o número efetivo de cabeças de rebanho bovino, teve crescimento de aproximadamente 5,6% em relação ao número apresentado no primeiro ano da série histórica (2002). O destaque para o informativo em relação ao cultivo bovino acontece considerando que segundo a Emprapa, 95% da produção deste tipo de corte no Brasil acontece em áreas de pastagem que tendem a provocar maior degradação ambiental.

**Quadro 01 - Número efetivo do rebanho em Sorriso - MT - Fonte: Pesquisa da Pecuária Municipal**

Efetivo dos rebanhos (Cabeças)		
ANO	Bovinos	Suínos
2002	66.723	66.190
2003	62.908	67.175
2004	65.148	83.175
2005	57.829	89.565
2006	-	-
2007	71.226	62.531
2008	73.001	70.454
2009	68.500	71.555
2010	73.535	202.534
2011	62.292	165.937
2012	60.964	115.500
2013	58.888	249.147
2014	55.973	251.079
2015	-	-
2016	-	-
2017	56.420	268.407
2018	64.155	309.094
2019	70.460	268.760

Esta informação reforça que a produção de grãos é a principal atividade econômica da região. Foram apresentados dados relacionados a dados de produção do município de Sorriso, por este representar de forma majoritária da área de estudo.

### **3.7 Potencialidade agrícola**

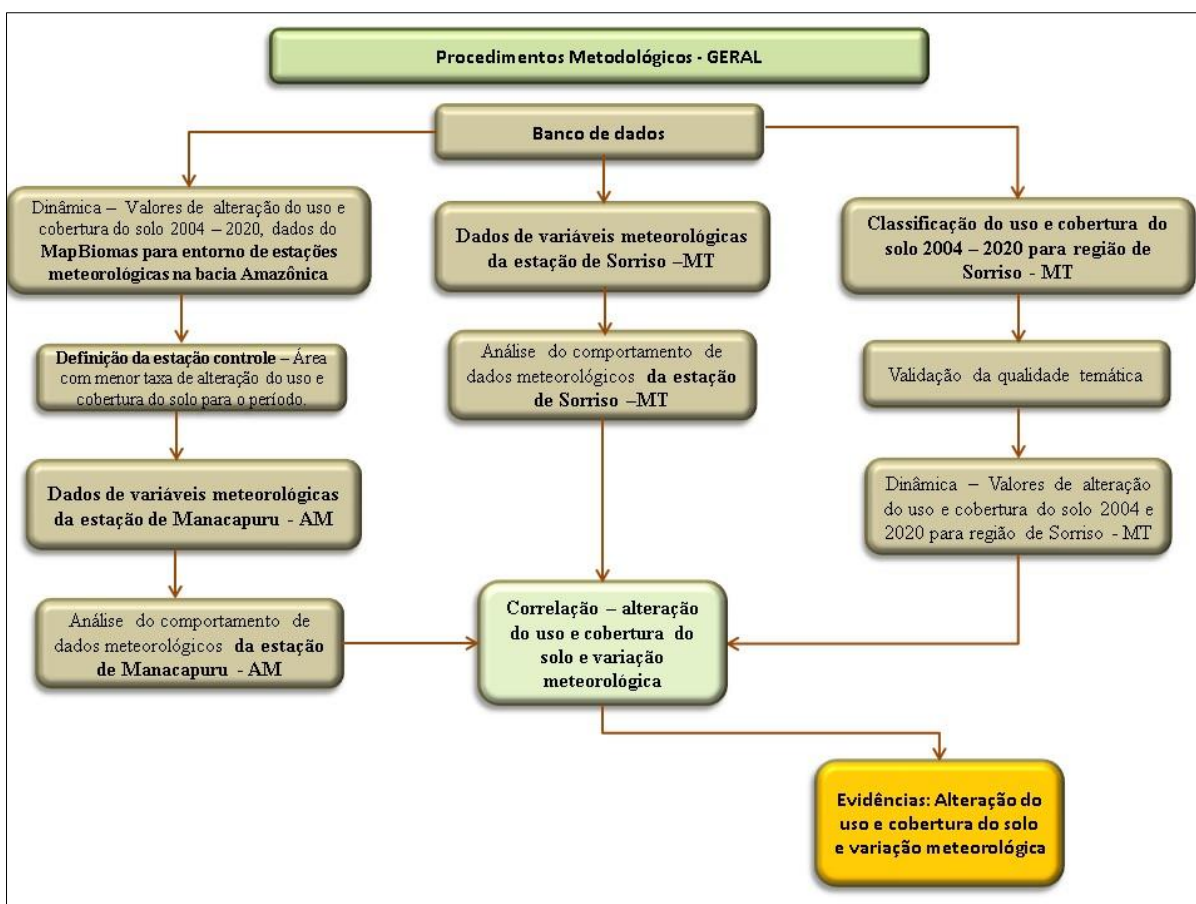
O Atlas Nacional do Brasil (2010) indica que a potencialidade agrícola do solo na região de Sorriso- MT é considerada predominantemente regular, utilizando-se parâmetros como características do relevo e do próprio solo que possui como principais limitações ao cultivo agrícola, a baixa fertilidade e reduzida disponibilidade de nutriente e excesso de alumínio. Tais limitações naturais do solo não indicam afetar os elevados índices de produção de grãos na região.



## 4 METODOLOGIA

Na figura 08 é apresentado o fluxograma metodológico geral utilizado nesta pesquisa. Nos próximos itens os processos mencionados neste fluxograma serão detalhados de forma objetiva.

**Figura 08 - Fluxograma metodológico geral**



### 4.1 DADOS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA MUNICIPAL

Em relação a obtenção de dados de produção agrícola no país, o Instituto Nacional de Geografia e Estatística (IBGE) realiza anualmente o levantamento sistemático da produção agrícola por município (PAM). O método utilizado por este órgão é denominado subjetivo por se basear em consultas a especialistas e por não apresentar o erro associado às estimativas geradas (LUIZ et al., 2012).

## **4.2 Hardware, Softwares, Bases cartográficas e Imagens**

O dispositivo e *softwares* utilizados para realização dos processos são de propriedade do autor e/ ou cedidos pela estrutura disponível na consultoria ambiental Brandt Meio Ambiente Ltda.

### **4.2.1 Hardware**

O dispositivo utilizado para o processamento dos dados possui processador Intel Core i7, 4ª geração e 16,0 GB de memória RAM instalada.

### **4.2.2 Softwares**

Na elaboração deste trabalho foram utilizados programas computacionais, buscando aqueles que apresentassem os melhores resultados de acordo com sua aplicabilidade no contexto da pesquisa.

O *software ERDAS IMAGINE*, da Hexagon foi utilizado para processos específicos das imagens de satélite, como fusão, realce e mosaico.

O *software* Google Earth (2021) foi utilizado para coleta de dados amostrais, considerando a disponibilidade de imagens de satélite de melhor resolução espacial.

A classificação do uso e cobertura do solo foi elaborado no *software eCognition* (Trimble Geospatia, 2009). Ainda neste programa de processamento de imagens, foram realizados cálculos da matriz de confusão e definição do índice global e cálculo do índice Kappa

O ArcMap 10.5 da ESRI foi empregado principalmente para visualizar, editar, criar e analisar dados geoespaciais, bem como na apresentação dos resultados e elaboração de mapas temáticos.

### **4.2.3 Bases Cartográficas**

Para definição e espacialização da área de estudo, assim como mapa de localização da área alvo, foram utilizadas bases cartográficas de uso público, bem as coordenadas de localização das estações de monitoramento meteorológico (Instituto Nacional de Meteorologia - INMET), Bacia hidrográfica (Agência Nacional das Águas - ANA), Rodovias (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes- DNIT) e Biomas, divisas estaduais, limites municipais e localidades (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Foram utilizados também para obtenção de dados de uso e cobertura do solo da estação controle, mapeamento disponibilizado pelo MapBiomas (MapBiomas v 4.1, 2021).

#### 4.2.4 Imagens de Satélite

Para a geração dos dados de uso e cobertura do solo deste estudo, foram utilizadas imagens dos satélites Landsat 8 (para o ano de 2020) e Landsat 5 TM (para o ano 2004). O satélite Landsat 5 Thematic Mapper (TM) lançado pela NASA operou entre o período de março de 1984 a janeiro de 2013. As imagens obtidas pelo sensor possuem resolução espacial de 30 metros e sete bandas espectrais incluindo a termal (com resolução de 120m).

O sensor Landsat 8 começou a operar em 2013. As imagens geradas pelo sensor possuem resolução de 30 m para as bandas de 1 a 7, 15m para a banda pancromática e 100 m para as 10 e 11 do infravermelho termal. As imagens possuem resolução espectral de 11 bandas, incluindo pancromática, termal e cirrus.

Dentre as bandas apresentadas anteriormente, foram selecionadas para utilização no projeto as bandas Azul, Verde, Vermelho e Infravermelho próximo de ambas as gerações dos satélites LANSAT (TM 5 e 8). Estas faixas do espectro eletromagnéticos são essenciais para obtenções de índices e atributos que subsidiam uma boa classificação de imagens. As cenas selecionadas para a presente pesquisa podem ser identificadas por códigos e suas respectivas datas de aquisição pelo sensor, conforme quadro (Quadro 01) abaixo:

**Quadro 02 - Identificação das imagens de satélite utilizadas nesta pesquisa**

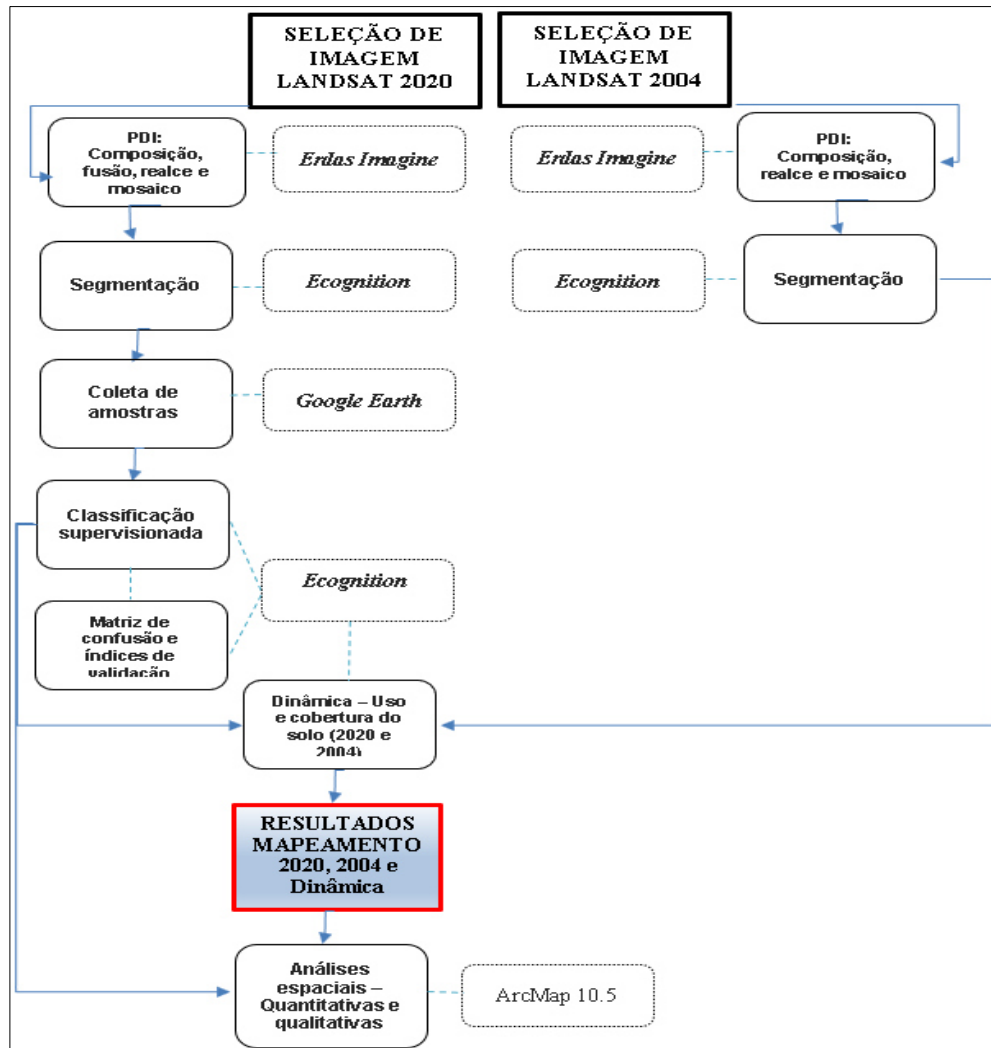
<b>CENAS DO LANSAT UTILIZADAS NESTE ESTUDO</b>		
<b>SENSOR</b>	<b>IDENTIFICADOR</b>	<b>DATA</b>
LANDSAT 5	LT52260692004221CUB02	08/08/2004
	LT52270682004228COA00	15/08/2004
	LT52270692004228COA00	15/08/2004
LANDSAT 8	LC82260682020249LGN00	22/08/2020
	LC82260682020249LGN00	05/09/2020
	LC82260692020249LGN00	17/09/2020

As imagens mencionadas, foram obtidas através do catálogo de imagens do United States Geological Survey (USGS, 2021).

### 4.3 Processos

Na presente pesquisa, foram realizados de uma maneira geral, os seguintes processos para classificação, conforme apresentado na Figura 09 a seguir.

**Figura 09 - Fluxograma geral da metodologia desenvolvida para classificação**



### 4.4 Processamento Digital de Imagens

#### 4.4.1 Composição

Este processo corresponde a sobreposição das diferentes bandas espectrais para formação de imagens que possam que possibilitam a visibilidade quanto ao olho humano e também a realização de análises multicritério e para criação índices, considerando a resposta dos objetos nas diferentes faixas do espectro. Para composição de imagens do sensor Landsat 5 foram utilizadas as bandas B1- Azul, B2 - Verde, B3 - Vermelho e B4 - infravermelho

próximo. Para realização do mesmo processo o com as bandas espectrais do Landsat 8, foram utilizadas B2- Azul, B3 - Verde, B4 - Vermelho e B5 - infravermelho próximo.

A diferenciação de bandas utilizadas para composição das imagens dos satélites LANDSAT 5 e 8, ocorre pelo fato do sensor mais recente possuir maior números bandas espectrais se comparadas dos ao LANDSAT 5.

#### **4.4.2 Fusão**

O método de fusão foi utilizado para a combinação das bandas (do mesmo sensor ou de sensores diferentes) com características espectrais e espaciais distintas, gerando uma nova imagem com melhor resolução espacial que a original. As imagens LANDSAT 8 possuem 30 m de resolução espacial nas bandas de 1 a 7 e 15 m na banda pancromática (Banda 8). A fusão desta imagem permitiu a geração de uma nova imagem multiespectral com pixel de 15 m de resolução espacial. Este processo permite a melhor delimitação das feições da imagem no processo de mapeamento. O mesmo processo não pôde ser aplicado ao tratamento da imagem do satélite LANDSAT 5, devido a ausência de banda com melhor resolução espacial.

#### **4.4.3 Realce**

Para melhorar a visualização das imagens, estas foram submetidas ao processo de realce. Para isso realizou-se uma análise detalhada do histograma de frequências em todas as bandas de cada imagem a fim de aperfeiçoar o contraste de cores entre os principais alvos terrestres. O processo de realce foi utilizado em situações de datas distintas das imagens para evitar diferentes interpretações dos mesmos alvos, devido à tonalidade diferenciada ocorrida entre as cenas, possibilitando a execução do processo de classificação com melhor nitidez e segurança durante o mapeamento.

#### **4.4.4 Mosaico**

Para atender a área de estudo desta pesquisa, quanto a abrangência total das imagens de satélite, foi necessário a utilização de 03 cenas para cada período de análise (2004 e 2020). Para seleção destas, considerou critérios relativos à menor amplitude temporal dentro dos anos de análise, considerando ainda ausência de nuvens que pudessem dificultar os processos para obtenção da classificação. Os dois mosaicos (2004 e 2020) foram, portanto, realizados para que fossem unidas as diferentes cenas de cada período para formação de uma única imagem ou arquivo que seriam utilizadas nos processos seguintes.

#### **4.4.5 Segmentação**

O processo de classificação do uso e cobertura do solo iniciou-se com um processo de segmentação das imagens, onde cada feição da paisagem é definida como um objeto de acordo com a semelhança no padrão espectral e geométrico dos pixels. Neste estudo, utilizou-

se a segmentação pelo método de crescimento por regiões. A metodologia de segmentação aplicada, remete-se a Vasconcelos e Novos (2004) onde a segmentação apresentou resultados mais precisos em comparação a segmentação pixel a pixel.

Ainda para o processo de segmentação foi utilizado o programa de processamento de imagens *Ecognition*, sendo definidos quatro parâmetros: fator de escala, peso para cada uma das bandas espectrais, peso para cor e peso para compacidade. Definiu-se em árvore do processo o *Multiresolution Segmentation* e também o *Spectral difference segmentation*, sendo estes os algoritmos para segmentação utilizados. Na sequência foram atribuídos pesos (valores) de relevância para cada banda da imagem ou índice gerado. Conforme Silva *et al.* (2016) e Baatz e Schäpe (2000), o parâmetro de escala representa a tolerância à heterogeneidade dentro de um segmento e define seu tamanho relativo, assim seguiu o raciocínio de que quanto maior for o valor da escala, maiores serão os tamanhos dos segmentos gerados. Os atributos e pesos considerados estão representados no Tabela (Tabela 05) abaixo:

**Tabela 04 - Atribuições e pesos para o processo de segmentação**

<b>Atributo/ Variável</b>	<b>Peso/Valor (multiresolution segmentation)</b>	<b>Peso/Valor (maximum spectral difference)</b>
1- Fator de Escala	80	NA
3 - Forma	0.6	NA
3 - Brilho	0.4	NA
4 -Banda espectral (Vermelho)	1	1
5- Banda espectral (Verde)	0.5	0
6 -Banda espectral (Azul)	0.5	0
7 -Banda espectral (Infravermelho)	1	1
8 - NDVI	1	1
9 - NDWI	1	1
10 - SAVI	0.5	1

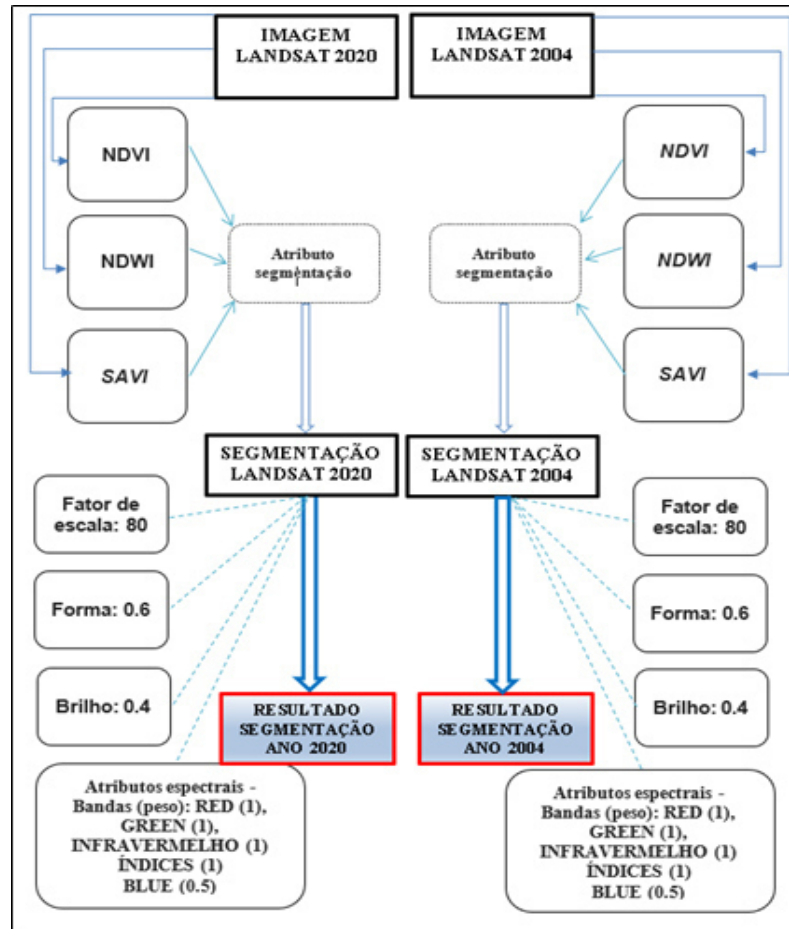
Os atributos das imagens, representam as variáveis que permitem a identificação de características e comportamento dos objetos desta imagem, permitindo ainda a individualização dos segmentos. A seguir estão descritos atributos considerados nesta pesquisa e que foram gerados pelo *Ecognition*.

**Tabela 05 - Tipos, atributos quantificáveis e descrição (Fonte: Adaptado de Araújo e Queiroz, 2018)**

Tipo de atributo	Atributo	Descrição
Espectral	NDVI	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
	NDWI	Normalized Difference Water Index
	SAVI	Soil- Adjusted Vegetation Index
	Brilho	Soma de todos os valores médios de brilho nas bandas visíveis dividido pelo número correspondente de bandas visíveis resultando no brilho médio de um objeto
Geométrico	Forma retangular	Descreve como um objeto de imagem se encaixa em um retângulo. Valores entre 1 (encaixe perfeito) e 0 (não encaixa).
	Comprimento/ Largura	Comprimento do objeto de imagem Largura do objeto de imagem
	Área	Medida do número de pixels dentro de cada objeto
Textura	Homogeneidade	Mede a sensibilidade à presença de perto de elementos diagonais em matriz de co-ocorrência de nível de cinza

O processo de segmentação aplicado na pesquisa está representado no fluxograma Figura 09, onde tem-se de forma esquemática os procedimentos realizados em árvore de processos. A definição de valores referentes a fator de escala (80), índice de forma (0.6) e brilho (0.4) foram definidos após realização de várias testes em ambos os cenários (2004 e 2020), definindo que estes valores foram adequados para obtenção de bons resultados.

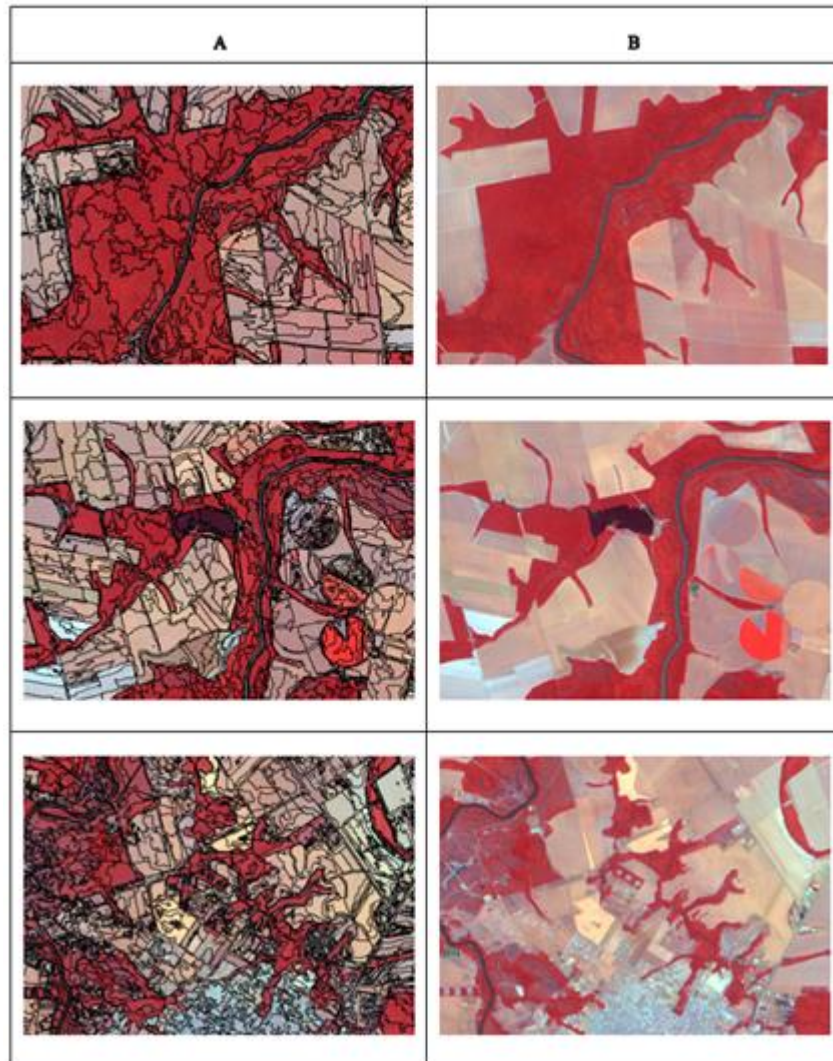
**Figura 10- Árvores de processo de segmentação**



O processo de segmentação descrito esquematicamente na Figura 10 apresentou resultados satisfatórios, sendo representadas amostras deste processo na Figura 11, onde as imagens apresentadas na coluna A representam a imagem segmentada e as imagens B, a imagem da mesma região representada na coluna anterior (imagem original).



**Figura 11 - Amostras de resultados do processo de segmentação**



Com o fator de escala de escala utilizado, alta densidade de segmentos foram criados, devido ao nível de detalhamento correspondente ao valor indicado para a variável. Esta alta densidade permitiu que estes segmentos fossem coletados, em partes, como a amostras que representaram a diversidade de valores que correspondem e vinculados uma mesma classe.

#### **4.4.6 Classes de uso e cobertura do solo**

Para realização do processo de classificação supervisionada, foram definidas classes de uso e cobertura do solo após análise prévia e visual das imagens de satélite da área de estudo. As classes foram definidas com referência no Manual Técnico do uso da terra IBGE (2013) e estão representadas no quadro (Quadro 03) abaixo:

**Quadro 03 - Classes de uso e cobertura do solo utilizados na pesquisa (Adaptado: IBGE, 2013).**

Nível 1 de Classe	Subclasse
1- Áreas Antrópicas Não agrícolas	1.1 Área urbanizada/ edificações
2 -Áreas Antrópicas agrícolas	2.1 Cultivo (culturas temporárias e/ ou permanentes)
	2.2 Pastagem
	2.3 Silvicultura
3 -Áreas de vegetação natural	3.1 Vegetação natural (formação florestal)
4 - Água	4.1 Massa de água

#### 4.4.7 Amostras para classificação

o número de amostras foi definido conforme fórmula proposta, Mas *et. al* (2003). O número de 390 amostras foi obtido a partir da seguinte equação:

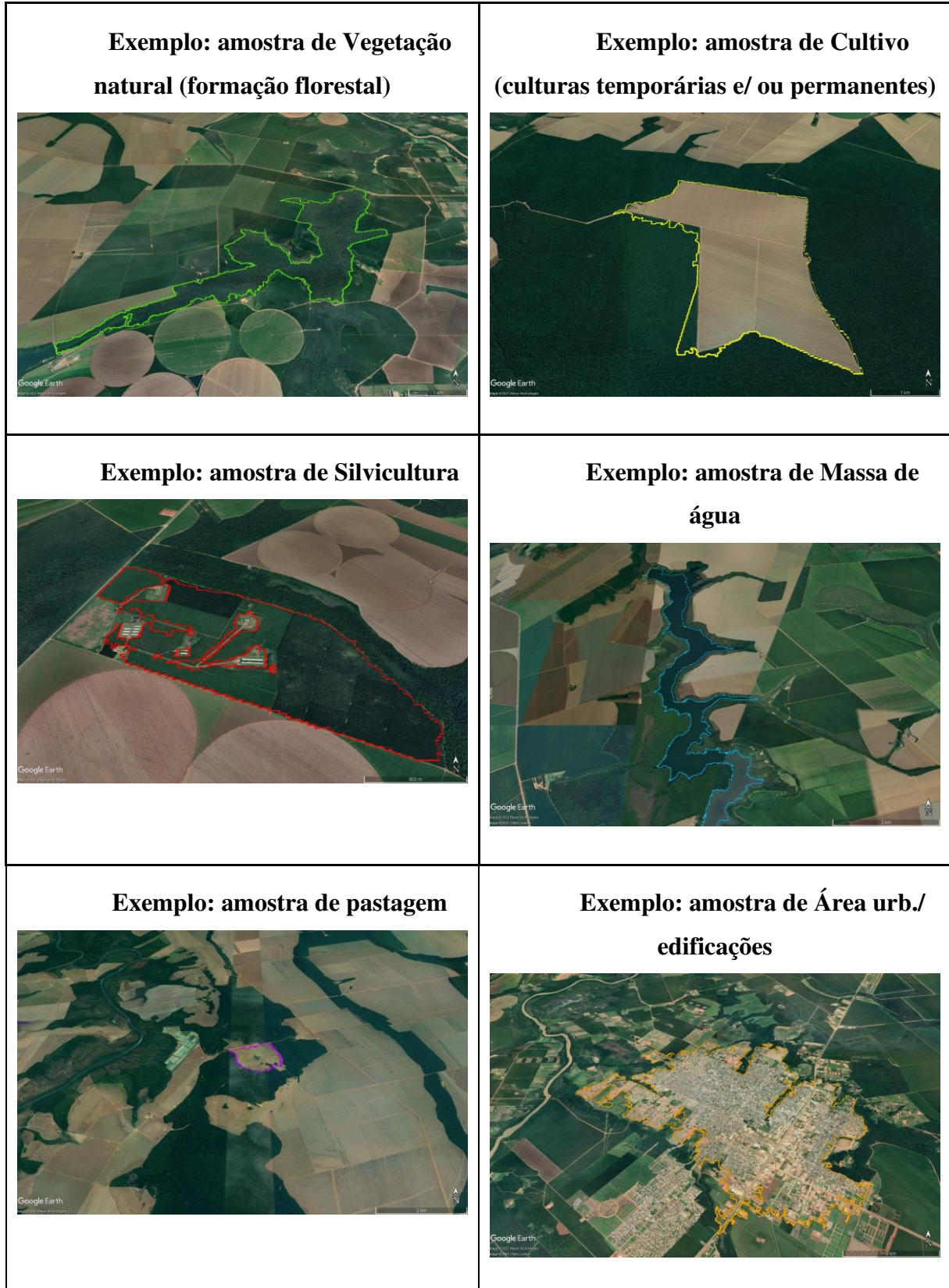
$$N (\text{número de amostras}) = (1,96^2 * 0,932 * 068) / 0,025^2 = 390$$

(Equação 5)

A coleta de amostra foi realizada de forma manual com visualização do ambiente do Google Earth conforme já mencionado. A área de estudo possui disponibilidade de imagens de boa resolução espacial, se comparadas a resolução espacial dos sensores LANDSAT. Algumas regiões foram delimitadas, e posteriormente inseridas no *software Ecognition* como unidades amostrais. Ainda que tenha sido indicado o número de 390 amostras com suficientes para execução da classificação supervisionada, foram selecionados segmentos vizinhos as unidades amostras e que apresentavam as mesmas características, com o intuito de potencializar a classificação. Com isto, foram totalizadas 9.914 amostras, cuja matriz de confusão será apresentada no item de resultados. Classes com baixíssima representatividade na paisagem (Área urbanizada/ edificações, massa de água e silvicultura), foram classificadas de forma manual através da seleção de segmentos, com o intuito de não serem confundidas com áreas de outros usos ou cobertura mas que se assemelham espectralmente.

A Figura 12 demonstra exemplo de amostras coletadas na metodologia aqui aplicada.

**Figura 12- Exemplo de amostras coletadas pela plataforma do Google Earth**



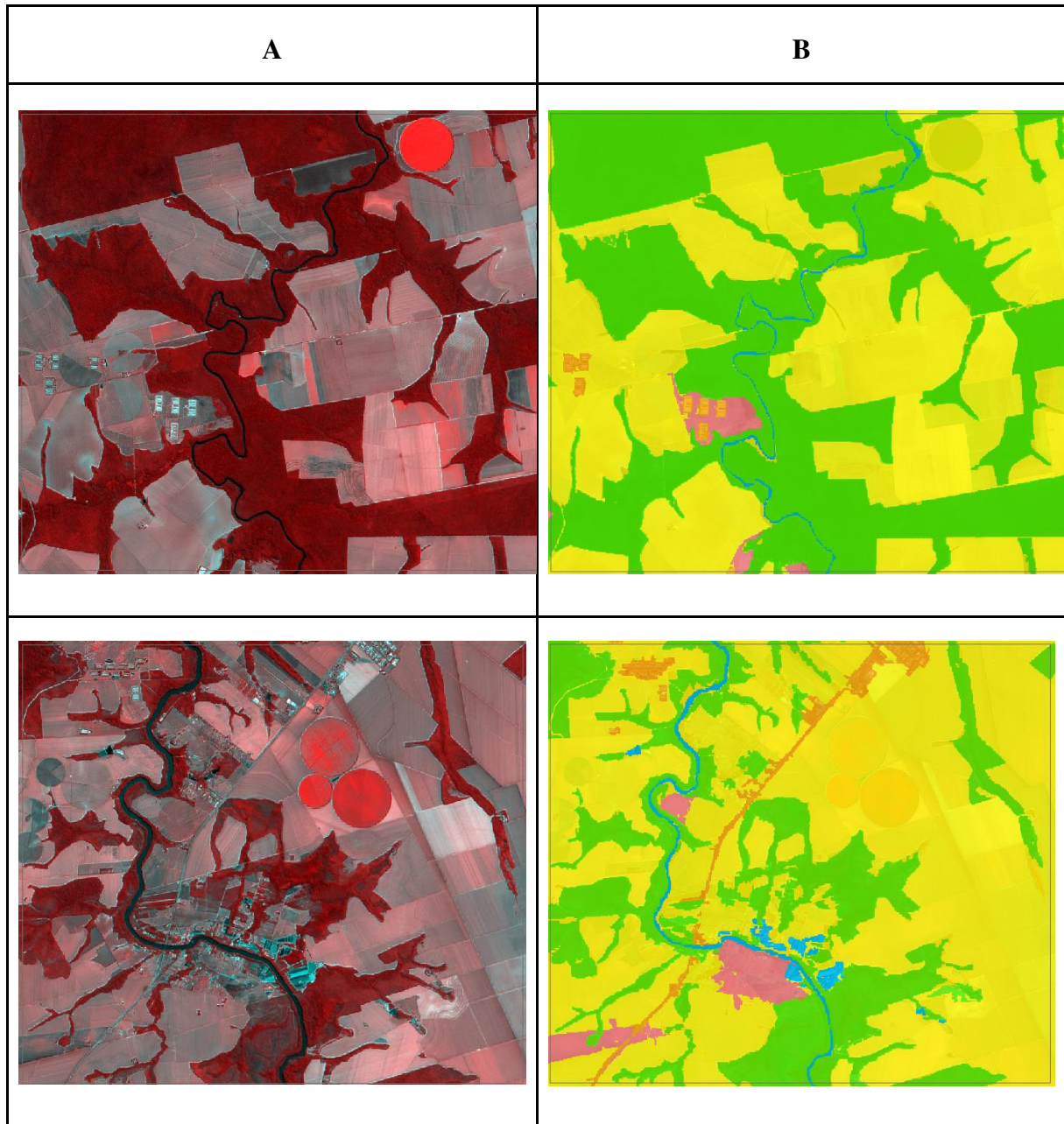
#### 4.4.8 Classificação

Esta classificação consistiu em extrair informações de imagens para reconhecer e mapear o padrão de distribuição espacial dos diferentes alvos encontrados na da área de estudo. Foi um processo de decisão no qual um grupo de pixels é definido como pertencente a uma determinada classe de cobertura e uso do solo.

No software *Ecognition*, são alocados os seguintes algoritmos de classificação: *Bayes*, *KNN (K Nearest Neighbor)*, *SVM (Support Vector Machine)*, *Decision Tree* e *Random Trees*. No presente estudo, para realização da classificação baseada em objetos (*Geographic Object-Based Image Analysis - GEOBIA*) e com referências nas amostras coletadas, utilizou-se o classificador SVM (Support Vector Machine). Este Classificador é baseado ter um conjunto de dados, sendo que a partir destes, estabelecem-se métodos de aprendizagem supervisionada, os quais analisam dados e reconhecem padrões para classificação e análise de regressão. Exemplos de resultados desta classificação utilizando este método é apresentado na figura (Figura 12), onde na coluna A é a representação de imagem de satélite original na composição do infravermelho e a coluna B é o resultado da classificação.



**Figura 13 - Exemplo de resultado de classificação supervisionada utilizando SVM**



#### 4.4.9 Validação do mapeamento temático

Alguns autores indicam que a precisão ou acurácia de dados geográficos a posição dos dados possui três vertentes; posição, época e temática. Segundo Lingnau *et al* (2013), estes três direcionamentos são, portanto, posicionais, temporais e/ou temáticos. Na presente pesquisa, o direcionamento aplicado é a validação de erros temáticos, que foi calculado através do índice KAPPA. Para Cohen, (1960) este índice é o mais adequado por possuir maior sensibilidade a possíveis variações de erros de omissão e inclusão. Antes da geração do índice Kappa foi gerada a matriz de confusão, que representa a qualitativamente, o resultado

de uma classificação de imagens, evidenciando esta expressão através da análise de correlação dos dados de referência (amostra) com os dados classificados.

#### **4.5 Procedimento de definição da estação controle (Estação Meteorológica Manacapuru - A119)**

A base cartográfica de uso e cobertura do solo foi disponibilizada pelo MapBiomias Versão 4.1 (MapBiomias, 2021), permitindo a realização de estudos com grande amplitude temporal e espacial. Essa base cartográfica foi utilizada para a verificação de qual área de influência de estações meteorológicas localizadas na Bacia Amazônica tiveram menos alterações da cobertura do solo no período entre 2004 e 2020, mesmo período de análise da área principal da presente pesquisa (Área circular com raio de 50 km a partir da estação meteorológica automática localizada em Sorriso- MT). Como critério final para seleção da estação controle, considerou-se ainda, a proximidade temporal da disponibilidade de dados meteorológicos destas estações com o período de análise dos dados da estação de Sorriso - MT, que começou a operar no ano de 2002. É importante ressaltar que grandes partes das estações automáticas presentes no Brasil começaram a operar após o ano de 2010, restringindo possibilidades de seleção. Considerando estes critérios, além da disponibilidade dos dados temporais de estações meteorológicas automáticas, foi selecionada a mesma área circular de 50 km entorno da estação Manacapuru- AM.

#### **4.6 Obtenção de dados meteorológicos**

Os dados meteorológicos utilizados corresponderam a precipitação, temperatura, umidade relativa do ar e radiação. No presente trabalho, tais dados foram obtidos através do portal de acesso público do INMET (Mapa das estações), correspondente à Estação automática A904, localizada no município de Sorriso-MT, em funcionamento desde 15/12/2002, sendo realizada a seleção do período de análise deste estudo (2004 - 2020), período de 17 anos. Foram obtidos também, dados meteorológicos da Estação automática A119, localizada no município de Manacapuru- AM e em funcionamento desde 09/04/2008, a qual foi selecionada a partir de critérios já descritos anteriormente, como área de entorno de estação meteorológica localizada na bacia hidrográfica do rio Amazonas com menor taxa de alteração do uso e cobertura do solo em período de 2004 - 2020. Foi realizado o tratamento de dados considerando o período mais próximo e possível para a comparação com dados correspondentes à área de estudo, portanto, considerando o período de disponibilidade buscou-se informações de variáveis meteorológicas disponíveis para esta estação para o período de 2009 a 2020.

As informações coletadas geraram um grande volume de dados em formato de planilha, correspondendo a atributos de frequência horária para todas as variáveis monitoradas pelo sensor. Diante deste cenário, houve intenso processo de tratamento das informações, selecionando na base de dados somente as variáveis de interesse, mencionadas anteriormente. Os dados brutos correspondes as medições de precipitação, temperatura, umidade relativa do ar e radiação são fornecidos de hora em hora, portanto, foram compilados ano a ano, afim de obter gráficos consolidados que permitissem as análises preliminares. Na tabela (Tabela 05), a seguir tem- se um exemplo de tabela de dados de interesse.

**Tabela 05 - Exemplo de dados meteorológicos consolidados com amplitude mensal e anual (INMET, 2021)**

Mês	Precipitação Mensal (mm)	Temperatura Média Mensal (°C)	Temperatura Máxima Absoluta (°C)	Temperatura Mínima Absoluta (°C)	Umidade Relativa Ar (%)	Radiação Global (KJ/m <sup>2</sup> )
Jan	468,6	24,7	32,4	19,1	83,4	1305,6
Fev	411,0	24,6	33,1	20,5	83,1	1237,9
Mar	309,8	25,9	34,4	20,3	75,9	1276,0
Abr	98,2	25,6	33,8	20,1	77,0	1218,0
Mai	71,2	24,7	33,7	15,4	72,4	1460,2
Jun	0,0	24,1	33,3	13,7	61,2	1742,6
Jul	30,0	24,2	33,9	14,0	57,9	1387,8
Ago	0,2	25,8	39,8	12,7	46,6	1567,0
Set	26,0	26,8	37,7	12,8	52,3	1350,8
Out	102,2	26,3	36,0	19,1	69,4	1098,6
Nov	s/d	25,8	35,0	19,9	73,5	1426,4
Dez	s/d	25,2	34,4	20,4	77,5	1556,0
<b>Síntese 2004</b>	1517,2	25,3	39,8	12,7	69,2	1385,6
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

Quando o banco de dados apresenta grande inconsistência devido à ausência de informações causadas por falha de transmissão das informações registradas pelo sensor para o banco de dados ou por manutenção da estação. Foram elaborados quadros de apresentação de inconsistências de dados de variáveis considerando como critério, a ausência de informações em um mês ou mais de cada ano. Buscando a minimização destas inconsistências, através da interpolação de valores em período com ausência de dados. Este processo considerou, para

onde não haviam informações, a média dos mesmos períodos dos dois anos subsequentes, conforme exemplo no Quadro 04, a seguir.

**Quadro 04 - Exemplo para geração de média onde não haviam informações oficiais quanto a variáveis meteorológicas**

ANO	MÊS	SITUAÇÃO INICIAL	SITUAÇÃO FINAL	BASE PARA MÉDIA
2004	Novembro	Sem dados de precipitação (mm)	154,3 mm	149,4 mm (novembro de 2006) e 159, 2mm (novembro de 2007)

#### 4.7 WorldClim

Para fins de obtenção de outras referências sobre variáveis meteorológicas que pudessem referenciar e balizar os dados das estações do INMET, foi utilizado a base dados do WorldClim

([www.worldclim.org/bioclim](http://www.worldclim.org/bioclim)) (FICK; HIJMANS, 2017). Foram obtidas informações da versão 2.1 que fornece, entre outras informações, dados de precipitação e temperatura máxima observada para todo o planeta (exceção da Antártica). Os dados são fornecidos em formato raster com resolução espacial de 21km<sup>2</sup>. Esta imagem é criada a partir da interpolação de dados de várias estações meteorológicas, inclusive do INMET. Após obtenção das informações disponibilizadas de forma mensal, foram gerados arquivos com valores de precipitação acumulada e média de temperatura máxima observada no nos anos pelo período de 2001 a 2018.

Os dados obtidos foram recortados para a área principal de abrangência geográfica deste estudo (região de Sorriso).



## **5 RESULTADOS**

### **5.1 Classificação do uso e cobertura do solo para a área de estudo no ano de 2020 e qualidade do mapeamento temático.**

A classificação do uso e cobertura do solo para a área de estudo de Sorriso-MT no ano de 2020, utilizando metodologia de classificação supervisionada, com parâmetros de segmentação, classificadores e validação temática definidos, apresentaram resultados satisfatórios. Assim, são apresentados a seguir e detalhadamente os valores que ratificam os mesmos.

#### **5.1.1 Matriz de confusão de confusão e qualidade do mapeamento temático.**

Foi gerada a matriz de confusão afim de avaliar o mapeamento temático na comparação com os dados da verdade estabelecida (amostras). A partir desta matriz de confusão, foi gerado também o índice de acurácia global e o coeficiente Kappa. A matriz de confusão apresentada (Quadro 04) é composta por todas as classes empregadas no processo de classificação supervisionada, com exclusão das áreas de área urbana/ edificações e silvicultura que foram retiradas do processo de classificação pela baixa representatividade numérica destas em relação ao tamanho da área de estudo. A decisão de classificação das classes área urbana/ edificações e silvicultura com coleta direta de segmentos correspondentes a respectivas classes também se basearam nos conflitos gerados por estas em relação as demais, pela grande amplitude espectral de áreas urbanas.

Ainda em relação a matriz de confusão apresentada (Quadro 04), as classes de uso e cobertura do solo referentes a “Cultivo (culturas temporárias e/ ou permanentes)” e também “pastagem”, apresentaram ótimos resultados em relação a acurácia do produtor, usuário, por classe e também em índices gerais. A classe “massa de água” não alcançou valores para qualificação e a classe “Vegetação natural (formação florestal)”, apresentou conflitos com a classe “Cultivo (culturas temporárias e/ ou permanentes)”. Este conflito pode ter ocorrido pela similaridade espectral apresentada entre áreas de vegetação nativas e áreas de pivôs agrícolas.

**Quadro 05 - Matriz de confusão e índice Kappa**

Amostra	Cultivo (culturas temporárias e/ ou permanentes)	Pastagem	Massa de Água	Vegetação natural (formação florestal)	Soma
Cultivo (culturas temporárias e/ ou permanentes)	8739	10	56	355	9160
Pastagem	0	203	0	0	203
Massa de Água	0	0	0	0	0
Vegetação natural (formação florestal)	0	0	0	551	551
<b>Soma</b>	<b>8739</b>	<b>213</b>	<b>54</b>	<b>906</b>	<b>9914</b>
<b>Acurácia</b>					
Produtor	1,00	0,95	0	0,61	
Usuário	0,95	1,00	indefinido	1,00	
Kappa por classe	1,00	0,95	0	0,59	
<b>Acurácia Global</b>	<b>0,96</b>				
<b>Kappa</b>	<b>0,76</b>				

*Autores renomados no meio acadêmico, como Landis e Kock (1977), Fleiss et al (1969) e Monserud e Leemans (1992), classificam a qualidade do mapeamento temático considerando diferentes valores quanto o coeficiente Kappa. Na tabela a seguir, os resultados deste mapeamento temático quanto ao índice Kappa, estão representados e em destaque na (Tabela 06) a seguir:*

**Tabela 06 - Resultado da classificação supervisionada tabela de classificação do índice kappa conforme autores renomados e de referência na área de pesquisa.**

		1.0	Landis and Koch	Fleiss et al.	Monserud and Leemans
Kappa ↑					Excelente
		0.8	Almost perfect	Excelente	Muito bom
		0.6	Subtancial		Bom
		0.4	Moderado	Justo para bom	Razoável
		0.2	Razoável		Péssimo
		0.0	Ruim	Péssimo	Muito Péssimo
			Péssimo		Não se aplica

### 5.1.2 Quantitativos

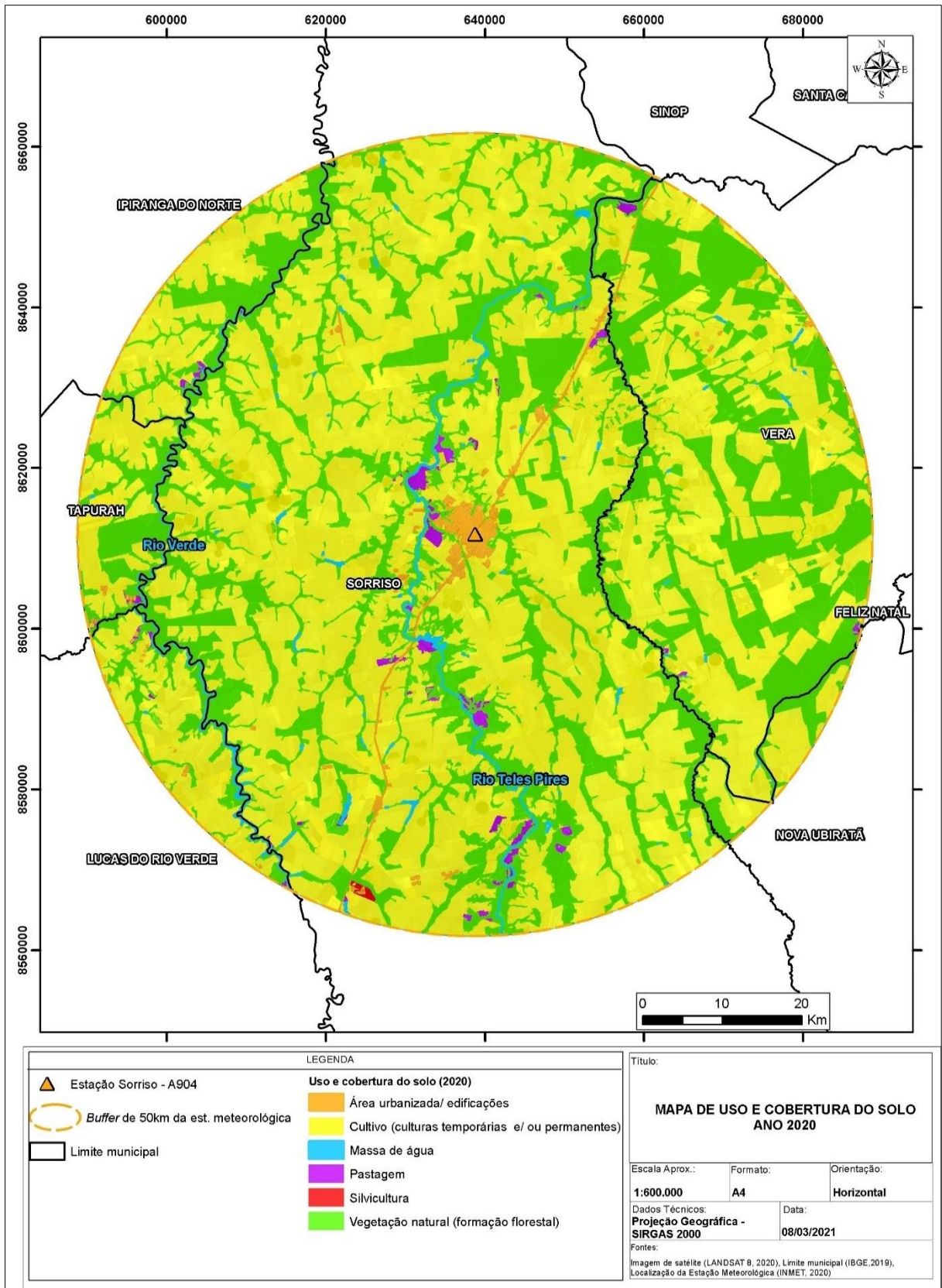
Os resultados da classificação supervisionada permitem afirmar que o uso e cobertura do solo para a área de estudo no cenário para o ano de 2020 é caracterizado de forma predominante pela presença de áreas de cultivo agrícola, sendo esta classe correspondente à aproximadamente, 70% (546.721,00 hectares) do total da área de abrangência desta pesquisa. A classe de uso e cobertura do solo, correspondente aos remanescentes de vegetação florestal e/ou nativa, representam segundo os resultados aqui apresentados, aproximadamente 28% (221.196,00 hectares). Todas as demais classes (pastagem, silvicultura, Área urbanizada/edificações e massa de água), são contextualizadas com pouca representatividade em termos de percentual da área de estudo, correspondendo ao total de aproximadamente 2% a área total (785.000,00 hectares). Os quantitativos de uso e cobertura do solo o são apresentados, a seguir, no Quadro 06 e Figura 15.

**Quadro 06 - Quantitativos de classes de uso e cobertura do solo para o ano de 2020**

CLASSE	ÁREA (ha) 2020	ÁREA (%) 2020
Área urbanizada/ edificações	5.754,82	0,73%
Cultivo (culturas temporárias e/ ou permanentes)	546.721,00	69,64%
Massa de água	4.126,84	0,53%
Pastagem	5.875,50	0,75%
Silvicultura	373,75	0,05%
Vegetação natural (formação florestal)	222.196,00	28,30%
<b>Total</b>	<b>785.047,91</b>	<b>100,00%</b>

Por meio de uma análise visual na Figura 14 é possível identificar a distribuição de classes de uso e cobertura do solo na área de abrangência deste estudo. Assim, observa-se que a classe Cultivo (culturas temporárias e/ ou permanentes) está distribuída de forma homogênea em todo o território. As áreas com presença de vegetação natural estão localizadas, principalmente, em áreas de faixas de matas ciliares às margens dos cursos de água. As regiões de pastagem estão localizadas, predominantemente, na região central da área de estudo, distribuídas ao longo das bordas dos fragmentos de matas ciliares do principal rio que percorre a área de estudo, no sentido sul-norte. A Classe área urbanizada/edificações representa a sede urbana do município de Sorriso-MT, povoados, a rodovia BR- 163 e edificações isoladas. Estas últimas correspondem a galpões relacionados a produção agrícola. A classe de massas de água identificadas pelo processo de classificação supervisionada, corresponde aos principais rios presentes na área de estudo (Rio Teles Pires e Rio Verde), bem como à barragens artificiais. Foi identificada, apenas uma área isolada localizada ao sul da área de estudo, a qual corresponde à área de silvicultura. A distribuição espacial das classes de uso e cobertura do solo, está representada no mapa com escala aproximada de 1:600.000.

Figura 14 - Mapa de uso e cobertura do solo para o ano de 2020. Fonte: Autor,2021



### 5.1.3 Classificação do uso e cobertura do solo para o ano de 2004

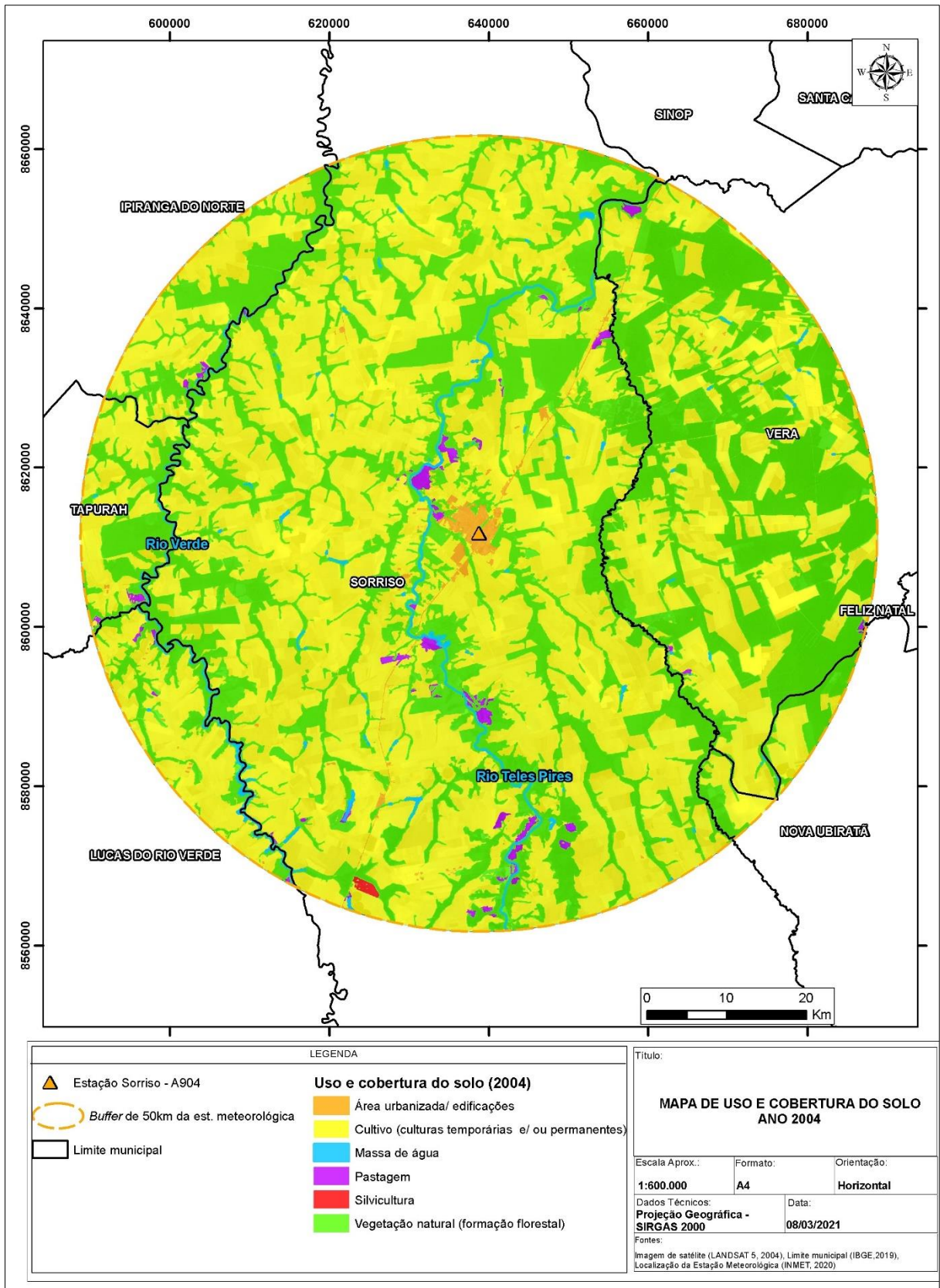
Os resultados do uso e cobertura do solo para o ano de 2004, gerados através de processos de dinâmica, que consistiu na comparação com diferenciações em relação aos resultados de 2020, permitem afirmar que a área era caracterizada de forma predominante pela presença de áreas de cultivo agrícola, sendo esta classe correspondente a aproximadamente, 65% (509.427,00 hectares) do total da área de abrangência desta pesquisa. A classe de uso e cobertura do solo correspondente aos remanescentes de vegetação florestal e/ou nativa, representavam, segundo os resultados aqui apresentados, aproximadamente 33% (260.040,00 hectares). Todas as demais classes (pastagem, silvicultura, área urbanizada/edificações e massa de água), são contextualizadas com pouca representatividade em termos percentuais na área de estudo, correspondendo ao total de aproximadamente 2% da área total (785.000,00 hectares). Os quantitativos de uso e cobertura do solo são apresentados no Quadro 07 a seguir.

**Quadro 07 - Quantitativos de classes de uso e cobertura do solo para o ano de 2004**

<b>CLASSE</b>	<b>ÁREA (ha) 2004</b>	<b>ÁREA (%) 2004</b>
Área urbanizada/ edificações	5.609,24	0,71%
Cultivo (culturas temporárias e/ ou permanentes)	509.427,00	64,89%
Massa de água	4.125,33	0,53%
Pastagem	5.472,88	0,70%
Silvicultura	373,75	0,05%
Vegetação natural (formação florestal)	260.040,20	33,12%
<b>Total</b>	<b>785.048,40</b>	<b>100,00%</b>



Figura 15 - Mapa de uso e cobertura do solo para o ano de 2004. Fonte: Autor,2021



#### 5.1.4 Dinâmica das alterações do uso e cobertura do solo para a área de estudo (2004 - 2020).

Os resultados comparativos entre dados de uso e cobertura do solo obtidos para os anos de 2004 e 2020 permitem afirmar que aproximadamente 5% da área de abrangência deste estudo apresentou alteração alguma no uso e cobertura do solo no intervalo de 16 anos. A alteração das classes de ocupação e uso do solo corresponde à conversão das áreas de remanescentes de vegetação para áreas de cultivo agrícola ou pasto. Os valores (hectares) e percentual de áreas alteradas, estão representados Quadro 08 a seguir.

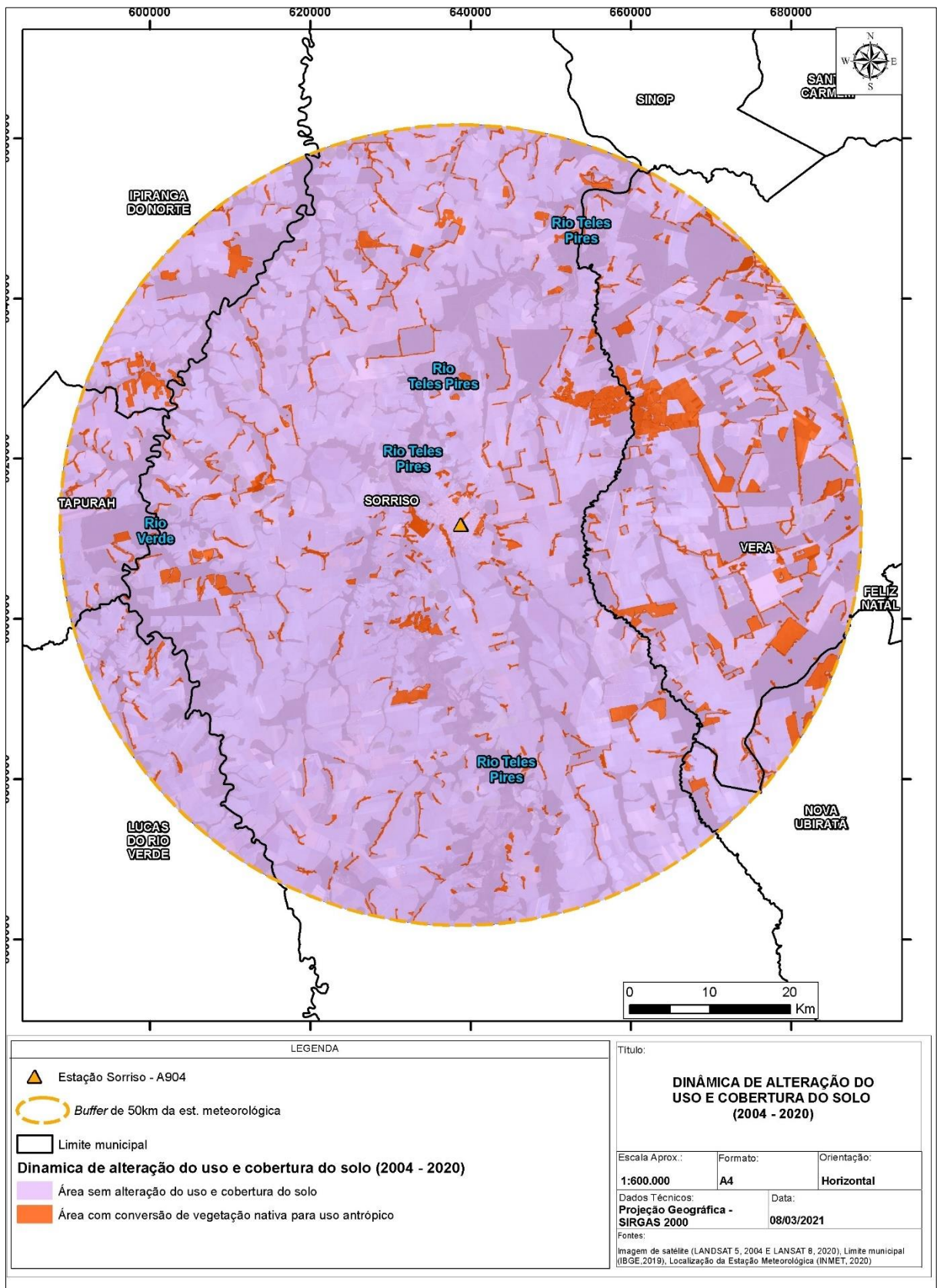
**Quadro 08 - Quantitativos de alteração de classes de uso e cobertura do solo 2004 -2020**

CLASSE	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
Área sem alteração do uso e cobertura do solo	747.203	95,18%
Área com alteração do uso e cobertura do solo (Conversão de Vegetação nativa para cultivo agrícola ou pasto)	37.845	4,82%
<b>Total</b>	<b>785.048,40</b>	<b>100,00%</b>

Espacialmente pode-se observar que a conversão de áreas de vegetação para áreas de cultivo agrícola entre 2004 e 2020 ocorreram obviamente, onde havia presença de cobertura vegetal no ano de 2004. O aumento em termos de extensão das áreas de produção de grãos avançou, principalmente, sob áreas de preservação, as quais estão localizadas em faixas marginais dos cursos de água. As maiores áreas de desmatamento concentrado, estão localizadas na região leste da área de estudo. O processo de desflorestamento é evidenciado na dinâmica de expansão das atividades agropecuárias na área de estudo. A distribuição espacial das classes de uso e cobertura do solo, estão representadas a seguir no mapa da Figura 16, apresentado em escala aproximada de 1:600.000..



Figura 16 - Mapa da dinâmica de alteração do uso e cobertura do solo do ano 2004 para o ano 2020



## **5.2 Dinâmica meteorológica da estação de Sorriso entre 2004 e 2020.**

Este item consiste na apresentação e consolidação do histórico de dados meteorológicos da estação automática meteorológica de Sorriso-MT ao longo do período de análise (2004-2020). Os dados apresentados são referentes ao histórico de precipitação, temperaturas (máxima absoluta, média mensal e mínima absoluta), radiação global e umidade relativa do ar.

A dificuldade de utilização de dados meteorológicos do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) foi observada pela grande inconsistência de dados obtidos, inconsistências estas, causadas por falha de transmissão das informações registradas pelo sensor para o banco de dados ou por manutenção da estação. A inconstância da coleta de dados gera lacunas de valores nos gráficos de apresentação dos dados. Portanto, foi realizado um compilado de representação de dados que apresentaram inconsistências. Para isto, foram considerados os dados de variáveis que apresentaram ausência de informações (s/d) em um mês ou mais de cada ano. Nota-se no Quadro a seguir (Quadro 09), onde (A) se refere ao ano de análise, (B) é a variável que apresentou problemas quanto à baixa frequência ou ausência de informações e (C) é a inconsistência notada.

**Quadro 09 - Anos e variáveis com identificação de inconsistência de dados referentes a estação meteorológica automática de Sorriso (INMET, 2021)**

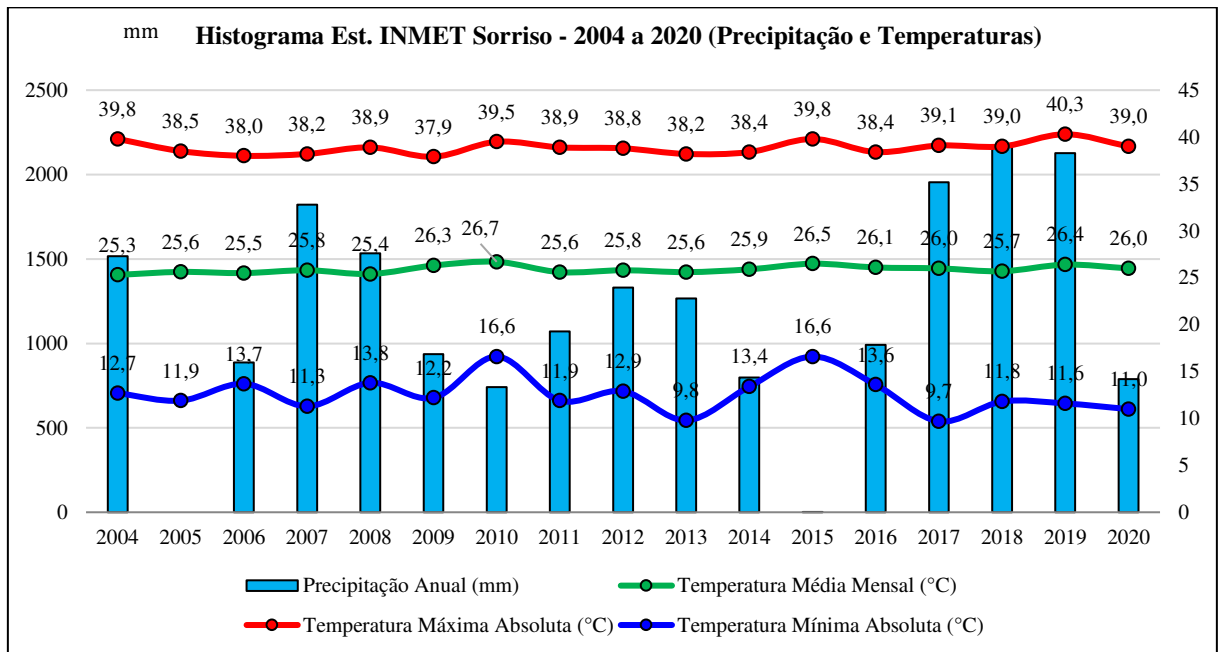
<b>ANO (A)</b>	<b>Variável (B)</b>	<b>Inconsistência (C)</b>
2004	Precipitação	Ausência de dados
2005	Precipitação	
	Radiação global	
2006	Precipitação	
2008	Precipitação	
	Radiação global	
2009	Precipitação	
	Temperatura	
	Radiação global	
	Umidade relativa do ar	
2010	Precipitação	
	Temperatura	
	Radiação global	
	Umidade relativa do ar	
2014	Precipitação	
2015	Precipitação	
2016	Precipitação	
2019	Temperatura	
	Precipitação	
2020	Precipitação	
	Temperatura	
	Radiação global	
	Umidade relativa do ar	

Os quadros consolidados com informações mensais e acumulados anuais estão disponíveis no ANEXO 01 deste documento.

A seguir, são apresentados os gráficos consolidados de acordo com o banco de dados disponibilizado pelo INMET. Para os próximos gráficos, foram considerados a totalidade de informações disponíveis em canal oficial do INMET. Os parâmetros meteorológicos indicam que a variável de temperatura máxima absoluta apresentou variação ao longo do período de 2004 a 2020, sendo a menor temperatura observada neste período foi de 37,9° em 2009 e a maior 40,3° em 2019, representando uma amplitude de 2,4° em um período de 10 anos. A

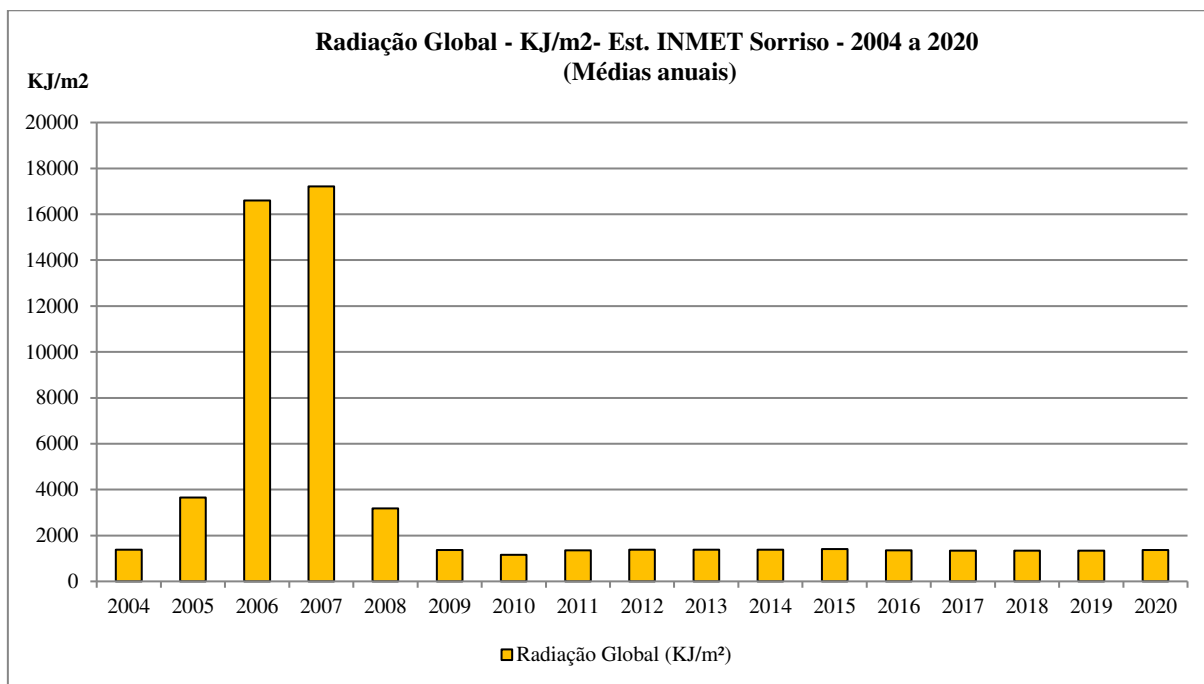
temperatura média mensal apresentou amplitude de 1,4° com extremos ocorrendo em 2004 e 2010. Em relação à temperatura mínima absoluta, o menor valor ocorreu em 2020 (11,0°) e as maiores em 2010 e 2016 (16,6°). No intervalo de coleta de dados aqui abordado, a variável precipitação foi a que apresentou maior número de inconsistências, impossibilitando uma análise completa (dados primários) para todo o período de análise. Sendo assim, considerando anos extremos (2007 e 2018), que não apresentaram grandes inconsistências, tem-se uma amplitude de 347,00 mm de volume de precipitação. Estas informações estão representadas na Figura 17 a seguir.

**Figura 17 - Gráfico de média anual de precipitação, temperatura absoluta, temperaturas mínimas e máximas para o período de 2004 a 2020 da estação automática de Sorriso (INMET, 2021)**



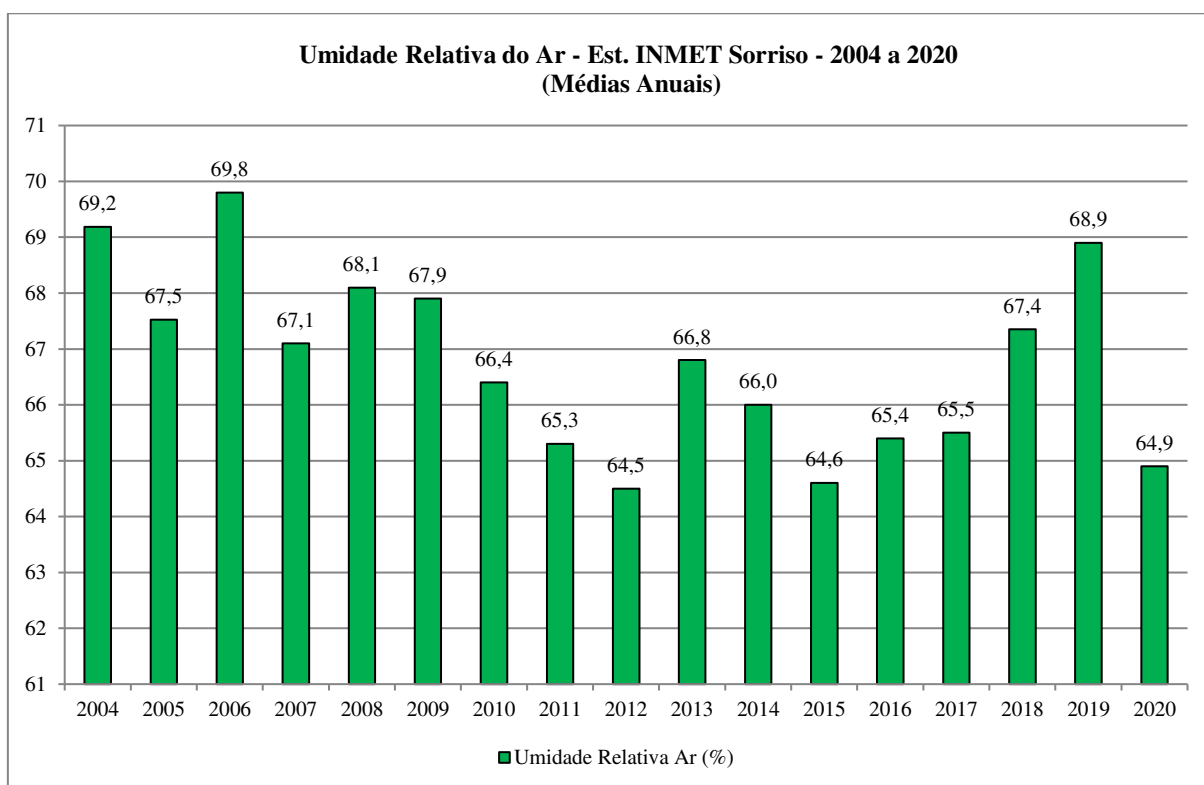
Com relação à variável radiação global, existe uma discrepância de dados consolidados entre os anos de 2005 à 2008 e 2010. Com isto, estes foram desconsiderados nesta análise. Para os demais anos, nota-se que os eventos extremos ocorreram em 2012 (1.388 KJ/m<sup>2</sup>) e 2018 (1.337 KJ/m<sup>2</sup>), o que representa uma variação de 3,6%. As informações destas variáveis estão representadas no gráfico da Figura 18 a seguir.

**Figura 18 - Gráfico de média anual de radiação global para o período de 2004 a 2020 da estação automática de Sorriso (INMET, 2021)**



A variável meteorológica umidade relativa do ar foi a que apresentou mais constância de disponibilidade de dados captados da estação automática de Sorriso-MT. Esta variável apresentou instabilidade de dados nos anos de 2009, 2010 e 2020, portanto, foram desconsiderados desta análise. Nota-se que os eventos extremos aconteceram em 2006 (69,8%) e 2012 (64,5%) e com uma amplitude de 5,3%. As informações destas variáveis estão representadas no gráfico da Figura 19 a seguir.

**Figura 19 - Gráfico de média anual de umidade relativa do ar para o período de 2004 a 2020 da estação automática de Sorriso (INMET, 2021)**

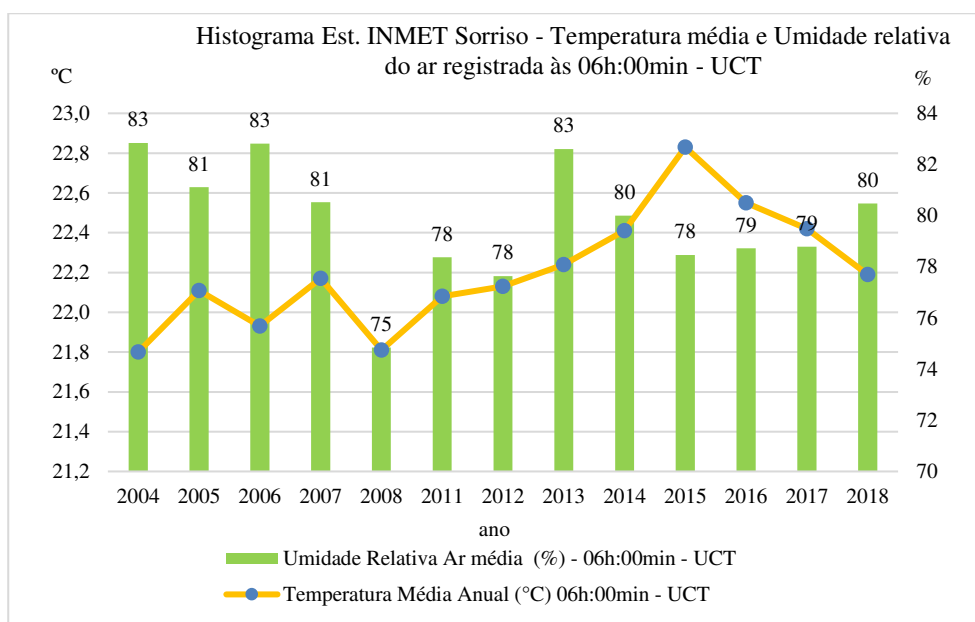


Importante salientar que a ausência de informações completas para um período (ano) como ocorreu em relação a variável umidade relativa do ar, podem causar dados ao processo investigatório desta pesquisa.

Outro padrão a ser observado neste item é a medição das variáveis de temperatura e umidade relativa do ar, nos horários recomendados pela Organização Mundial de Meteorologia (2008). Estes horários são 0006, 1200, 1800 e 0000 e UTC (que correspondem a 02:00, 8:00, 14:00, 20:00, na hora local de Sorriso- MT). Os dados representados a seguir correspondem a média de valores observados para o período de um ano para as variáveis de temperatura média anual e umidade relativa do ar média anual.

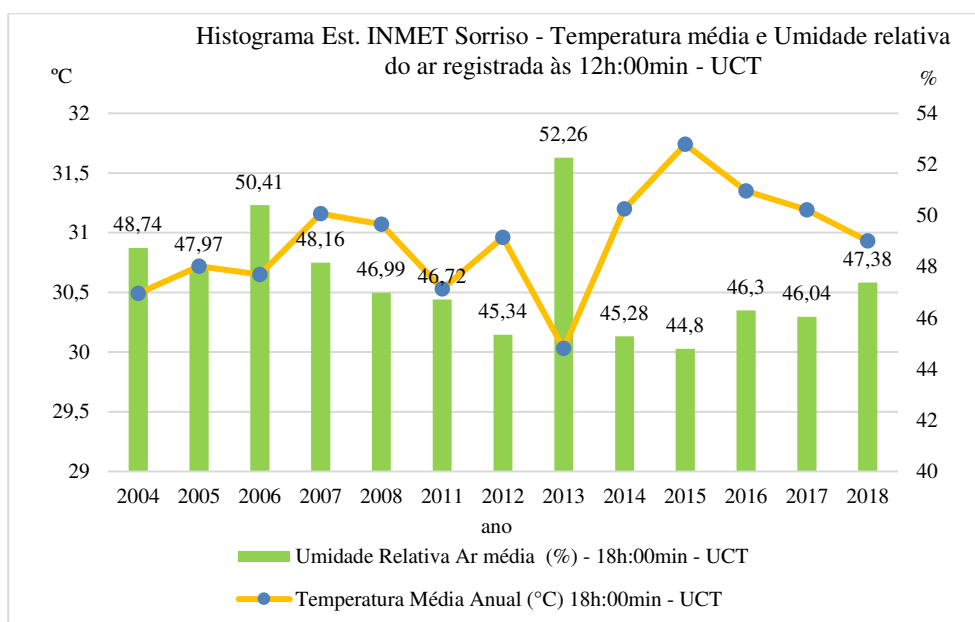
Os dados da estação meteorológica indicam que a média anual de temperatura registrada nos anos de 2004 a 2008 e 2011 a 2018 no horário 0006 UCT (02h:00 local) foi de 22,21°C e a umidade relativa de 79,78%. Para a temperatura, foi registrada uma amplitude de 1,03°C, quando em 2004, a média foi de 21,8°C e em 2005 a média apresentada foi de 22,83°C. Já para a variável Umidade relativa do ar, a amplitude foi de 8% com o menor valor registrado em 2008 (74,85%) e o maior em 2004 (82,84%).

**Figura 20 - Gráfico de média anual de temperatura e umidade relativa do ar registrado pela estação automática de Sorriso à 0006 - UTC (INMET, 2021)**



As informações registradas pela estação, indicam que a média anual de temperatura registrada nos anos de 2004 a 2008 e 2011 a 2018 no horário 0012 UCT (08h:00 local) foi de 24,54°C e a umidade relativa de 73,95%. Para a temperatura, foi registrada uma amplitude de 1,30°C, quando em 2004, a média foi de 24,05°C e em 2015 a média apresentada foi de 25,35°C. Já para a variável umidade relativa do ar, a amplitude foi de 4,5% com o menor valor registrado em 2008 (71,85%) e o maior em 2004 (76,39%).

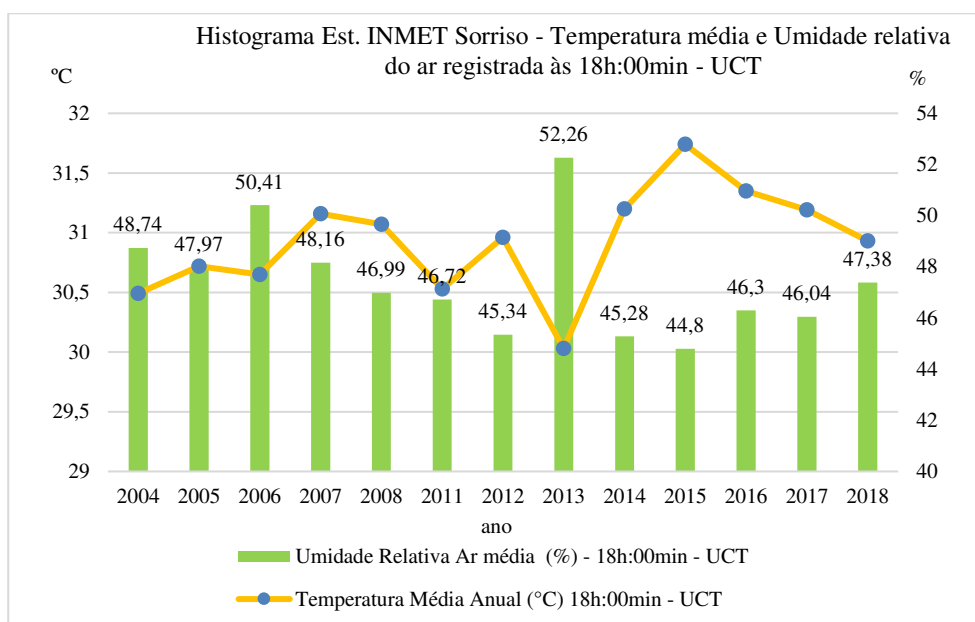
**Figura 21 - Gráfico de média anual de temperatura e umidade relativa do ar registrado pela estação automática de Sorriso às 0012 - UTC (INMET, 2021)**



As informações registradas pela estação, indicam que a média anual de temperatura registrada nos anos de 2004 a 2008 e 2011 a 2018 no horário 0018 UCT (14h:00 local) foi de 30,92°C e a umidade relativa de 47,41%. Para a temperatura, foi registrada uma amplitude de 1,7°C, quando em 2015, a média foi de 31,74°C e em 2013 a média apresentada foi de 30,03°C. Já para a variável umidade relativa do ar, a amplitude foi de 7,5% com o menor valor registrado em 2015 (44,8%) e o maior em 2013 (52,26%). Para ambas as variáveis, ressalta-se o curto período entre eventos extremos dentro do cenário de análise.

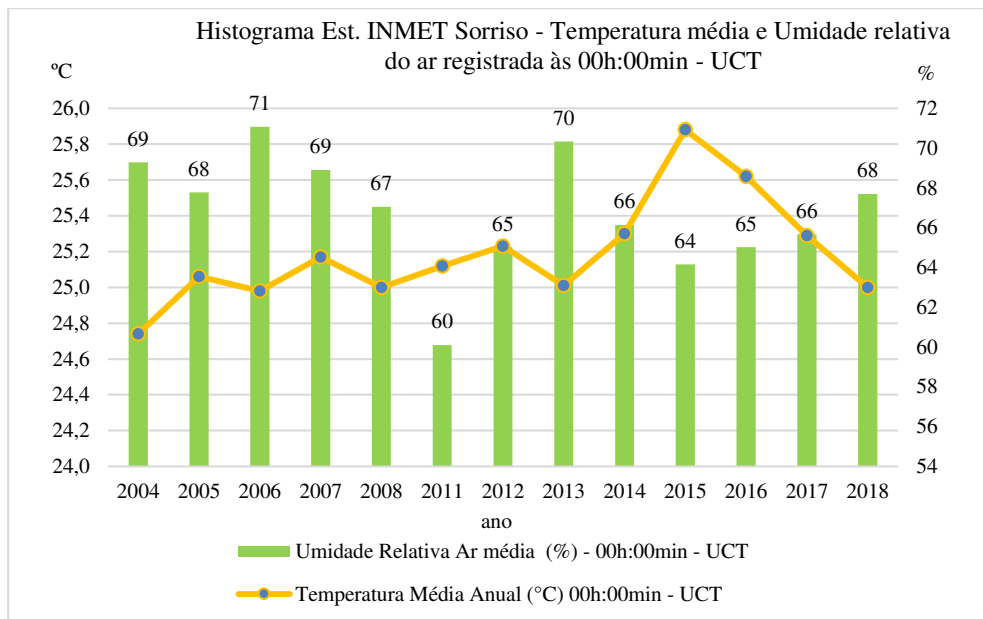


**Figura 22 - Gráfico de média anual de temperatura e umidade relativa do ar registrado pela estação automática de Sorriso às 0018 - UTC (INMET, 2021)**



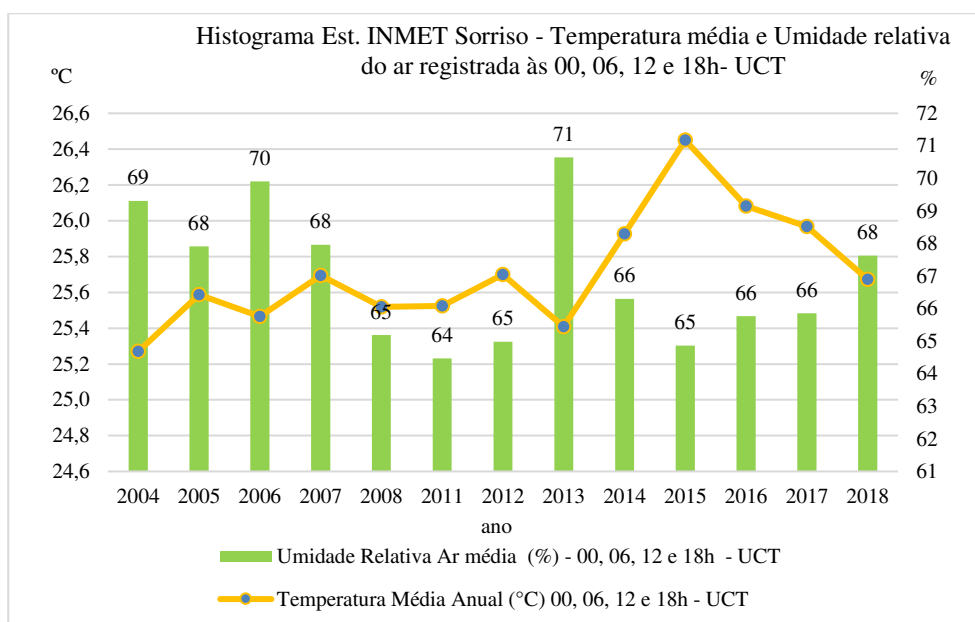
As informações registradas pela estação, indicam que a média anual de temperatura registrada nos anos de 2004 a 2008 e 2011 a 2018 no horário 0000 UCT (20h:00 local) foi de 25,18°C e a umidade relativa de 66,78%. Para a temperatura, foi registrada uma amplitude de 1,1°C, quando em 2015, a média foi de 25,88°C e em 2004 a média apresentada foi de 24,74°C. Já para a variável Umidade relativa do ar, a amplitude foi de 11% com o menor valor registrado em 2011 (60,01%) e o maior em 2006 (71,08%).

**Figura 23 - Gráfico de média anual de temperatura e umidade relativa do ar registrado pela estação automática de Sorriso às 0000 - UTC (INMET, 2021)**



Um importante indicativo da influência de fenômenos globais no ambiente local seria pela análise do ano de 2015, onde neste período as maiores médias de temperatura foram alcançadas em todos os horários e os níveis de umidade do ar, apresentaram valores relativamente baixos comparados a outros anos da série. O ano de 2015 foi marcado por forte atuação do El Niño, segundo dados do NOAA (2021).

**Figura 24 - Gráfico de média anual de temperatura e umidade relativa do ar registrado pela estação automática de Sorriso às 00, 06, 12 e 18h - UTC (INMET, 2021)**



### 5.3 Alteração do uso e cobertura do solo e Variabilidade meteorológica.

No item anterior foi indicado que os dados meteorológicos da estação automática de Sorriso-MT, apresentaram diversas inconsistências, as quais estão relacionadas principalmente à ausência de dados por longos períodos. Este fato trouxe dificuldade para o contexto deste trabalho, considerando que um dos procedimentos para a avaliação do resultado que se espera para esta pesquisa é a análise do comportamento de variáveis meteorológicas ao longo do período de 16 anos (2004 - 2020). Assim, buscou-se então, a minimização destas inconsistências. Este processo considerou, para onde não haviam informações, a média dos mesmos períodos dos dois anos subsequentes, conforme exemplo no Quadro 10, a seguir.

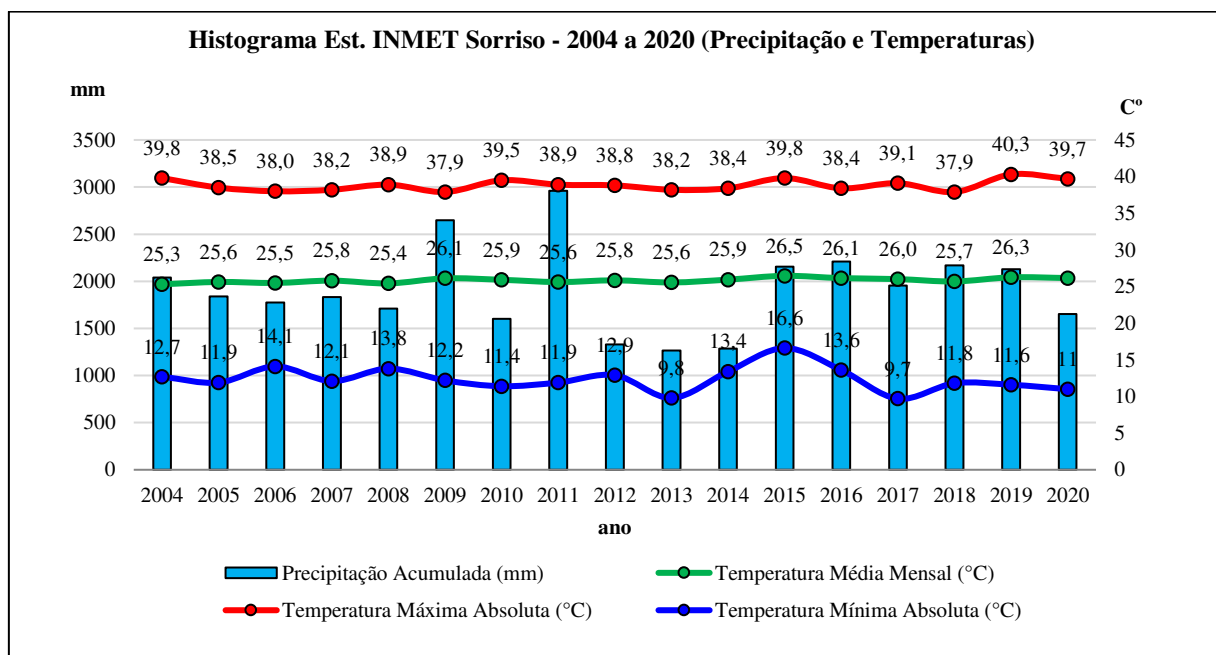
**Quadro 10 - Exemplo para geração de média onde não haviam informações oficiais quanto a variáveis meteorológicas**

ANO	MÊS	SITUAÇÃO INICIAL	SITUAÇÃO FINAL	BASE PARA MÉDIA
2004	Novembro	Sem dados de precipitação (mm)	154,3 mm	149,4 mm (novembro de 2006) e 159,2mm (novembro de 2007)

Dessa maneira, conforme exposto no Quadro 10, quando não havia dados do ano subsequente, foi considerado o ano posterior mais próximo que continha a informação de interesse. No modelo, o ano de 2004 e 2005 não possuem informações quanto à precipitação. Para tanto, neste caso, considerou-se a média para os eventos ocorridos em novembro dos anos de 2006 e 2007.

Utilizando o processo descrito anteriormente foram obtidos os seguintes resultados para todos os anos do período de análise entre 2004 e 2020 com respeito às variáveis meteorológicas. A Figura 25, a seguir, representa o comportamento das temperaturas médias, máximas e mínimas absolutas, precipitação acumulada anualmente.

**Figura 25 - Gráfico com informações adaptadas de média anual de precipitação, temperatura absoluta, temperaturas mínimas e máximas para o período de 2004 a 2020 da estação automática de Sorriso (Adaptado INMET, 2021)**



Analisando-se os resultados gerados e apresentados na Figura 28, observou-se que ao longo do período da análise (2004 - 2020), constatou-se grande variabilidade meteorológica, não existindo um padrão de tendência. Em relação às temperaturas máximas absolutas, a variabilidade máxima foi de 2,4°C (mínima em 2009 e 2018 e máxima em 2019). As temperaturas mínimas absolutas tiveram amplitude máxima de 6,8° (mínima em 2013 e máxima em 2015). Já a temperatura média teve oscilação máxima de 1°C. Os maiores valores de precipitação foram registrados em 2011 e 2009 e o menor registro ocorreu em 2013, ano que também foi identificado a menor temperatura mínima absoluta,

Diante dos dados apresentados acima, numa análise preliminar chegou-se à conclusão da necessidade de relacionar estas informações com a ocorrência de eventos de abrangência continental, tal como o El Niño e Lã Nina. Assim, abordando-se esses fatores tem-se que no mesmo período do evento extremo de temperatura máxima, constatou-se a ocorrência do fenômeno de El Niño, o qual consiste no aquecimento das águas do pacífico e que pode causar eventos adversos nas áreas continentais de países, tais como o Brasil. Estes eventos podem estar relacionados às chuvas e temperaturas acima da média. Observou-se também que o evento máximo de precipitação ocorreu no ano de 2011, ano de ocorrência do fenômeno Lã Nina, o qual tem como consequência o esfriamento das águas do Oceano Pacífico e o aumento do volume de chuvas no continente. A menor temperatura absoluta, também foi identificada neste período.

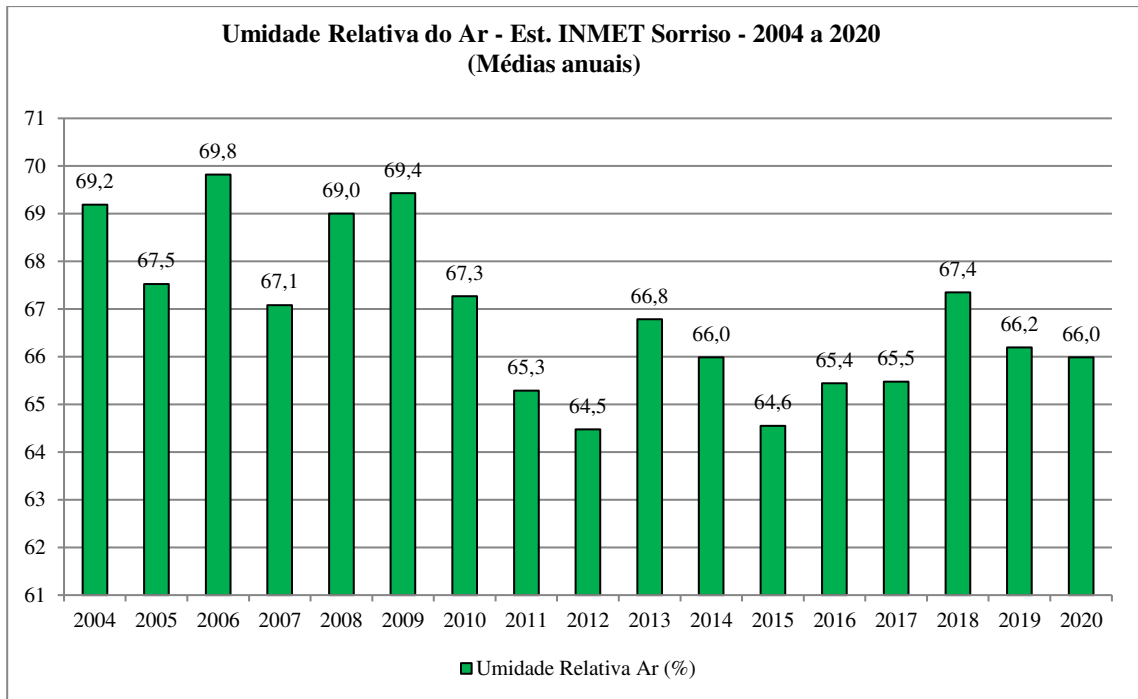
**Quadro 11 - Média de variáveis meteorológicas e da Estação de Sorriso e ocorrência do El Niño ou Lã Niña.**

Ano	ANOMALIAS	Precipitação Acumulada (mm)	Temperatura Média Mensal (°C)	Temperatura Máxima Absoluta (°C)	Temperatura Mínima Absoluta (°C)	Umidade Relativa Ar (%)	Radiação Global (KJ/m <sup>2</sup> )
2004	El Niño	2.041	25,3	39,8	12,7	69,2	1.385,6
2005		1.840	25,6	38,5	11,9	67,5	1.404,7
2006	El Niño	1.775	25,5	38,0	14,1	69,8	1.659,8
2007	Lã Niña	1.834	25,8	38,2	12,1	67,1	1.721,2
2008	Lã Niña	1.711	25,4	38,9	13,8	69,0	1.312,9
2009	El Niño	2.647	26,1	37,9	12,2	69,4	1.366,4
2010	Lã Niña	1.601	25,9	39,5	11,4	67,3	1.251,1
2011	Lã Niña	2.960	25,6	38,9	11,9	65,3	1.349,3
2012	Lã Niña	1.331	25,8	38,8	12,9	64,5	1.387,5
2013	Lã Niña	1.266	25,6	38,2	9,8	66,8	1.385,6
2014	El Niño	1.287	25,9	38,4	13,4	66,0	1.384,9
2015	El Niño	2.155	26,5	39,8	16,6	64,6	1.411,0
2016	Lã Niña/ El Niño	2.210	26,1	38,4	13,6	65,4	1.347,4
2017	Lã Niña	1.955	26,0	39,1	9,7	65,5	1.344,2
2018	Lã Niña/ El Niño	2.168	25,7	37,9	11,8	67,4	1.337,1
2019	El Niño	2.128	26,3	40,3	11,6	66,2	1.363,2
2020	Lã Niña	1.653	26,2	39,7	11	66,0	1.371,3

A variável meteorológica correspondente à umidade relativa do ar foi a que apresentou mais constância de disponibilidade de dados captados da estação automática de Sorriso-MT. Ainda assim, foram realizadas interpolações com a aplicação da mesma metodologia descrita

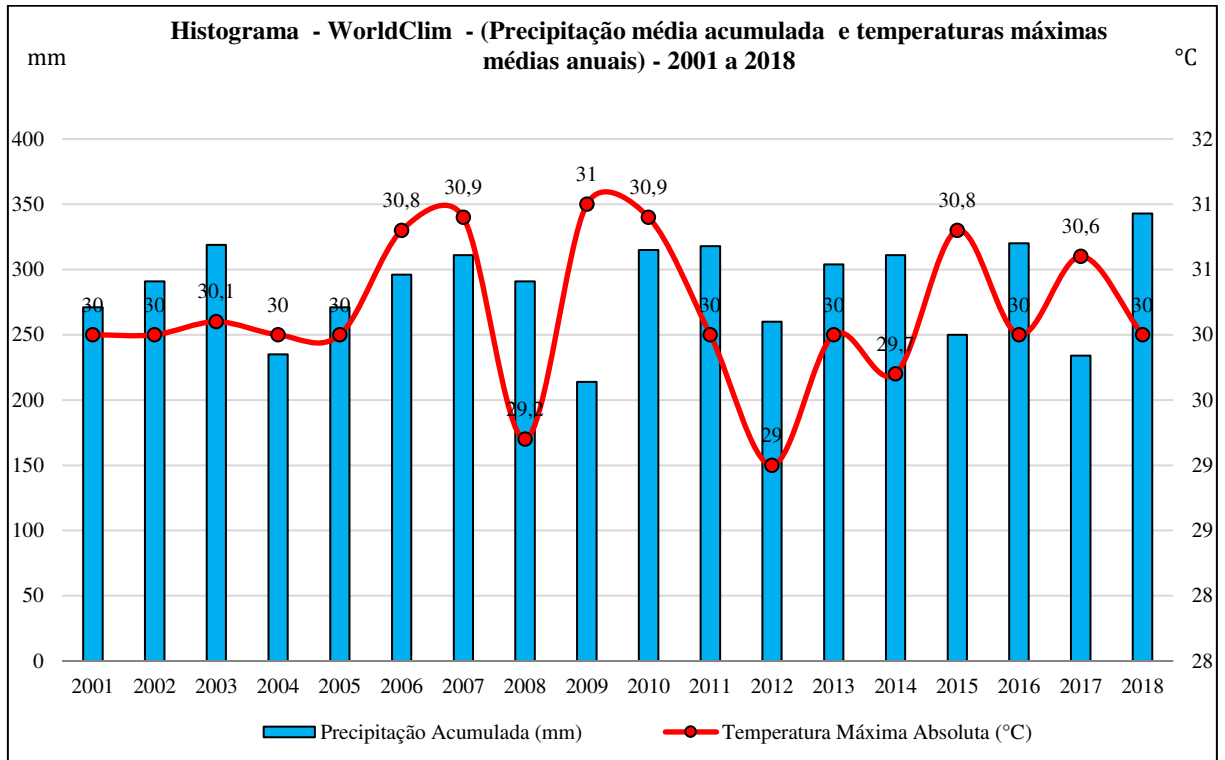
anteriormente. Notou-se que os eventos extremos se mantiveram nos anos de 2006 (69,8%) e 2012 (64,5%) e com uma amplitude de 5,3%. As informações destas variáveis estão representadas no gráfico da Figura 26, a seguir.

**Figura 26 - Gráfico com informações adaptadas de média anual de umidade relativa do ar para o período de 2004 a 2020 da estação automática de Sorriso (INMET, 2021)**



#### 5.4 Comportamento de variáveis meteorológicas - WorldClim

**Figura 27 - Gráfico de precipitação média acumulada e temperatura máxima média para o período de 2001 a 2018 - (WorldClim, 2018)**



Analisando-se os resultados gerados e apresentados na Figura 27, observou-se que ao longo do período correspondente aos dados apresentados (2001 - 2018), constatou-se variabilidade meteorológica, considerando as variáveis precipitação média acumulada anual e temperaturas máximas médias anuais. Em relação às temperaturas máximas médias, a amplitude máxima em intervalo de 17 anos, foi de 2,0°C (mínima em 2012 e máxima em 2009). Em relação a variável de precipitação, a maior diferença de valores está registrada entre a comparação do ano de 2009 (214mm) e 2018 (343mm). Estas análises indicam períodos correspondente ao da área de estudo principal desta pesquisa (2004 - 2020).

### 5.5 Dinâmica da alteração do uso e cobertura do solo na área de influência da estação de controle (Manacapuru- AM) para o período de 2004 e 2019 utilizando dados secundários - Estação controle.

No presente item é abordada a análise comparativa e o incremento quanto à correlação das variações meteorológicas e a alteração de uso e cobertura do solo, as quais consideraram a área de influência circular com raio de 50km a partir da Estação meteorológica denominada “Manacapuru- A119, cujas coordenadas posicionais são: -3,294638° (latitude) e -60,628402 (longitude), localizada na Região Nordeste do Estado do Amazonas. Conforme mencionado na metodologia, esta área apresentou baixa taxa de conversão de áreas classificadas como naturais para áreas antropizadas e ainda apontou o período de semelhança temporal quanto aos dados da estação meteorológica da análise principal (Sorriso - MT). No período da análise, do ano 2004 comparado com o ano de 2019, as áreas de vegetação natural se mantiveram estáveis, sendo esta classe de uso e cobertura do solo, representada por cerca de 92% do território de análise, isto segundo dados do mapeamento do MapBiomas Versão 4.1 (2021). A área de influência da estação envolve parcialmente quatro municípios: Careiro-AM, Careiro do Várzea-AM, Iranduba-AM e Manacapuru-AM (todos no Estado do Amazonas).

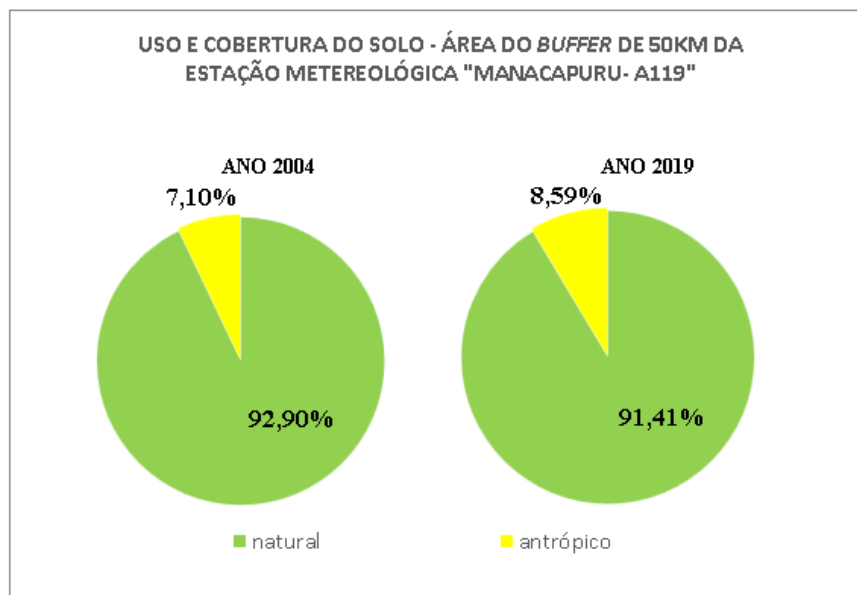
De acordo com o MapBiomas (2021), o mapeamento de uso e cobertura do solo é realizado a partir de classificação pixel a pixel utilizando imagens dos satélites LANDSAT. Com base neste mapeamento, o qual é realizado e publicado e atualizado ano a ano, analisou-se que as áreas com cobertura vegetal nativa tiveram no período de 2004 a 2019, suas áreas reduzidas em 19.227,10 hectares, o que corresponde a 2,45% da área total da análise. Os quantitativos de classes de uso e cobertura do solo e respectivas representações percentuais, estão demonstradas no Quadro 12 e Figura 28 a seguir.

**Quadro 12 - Quantitativos de uso e cobertura do solo em área de influência da Estação Meteorológica de Manacapuru - AM - Fonte: Adaptado Mapbiomas v 4.1, 2021)**

ESTAÇÃO	CLASSE	ÁREA (ha) 2004	ÁREA (ha) 2019
Manacapuru - A119	natural	730.246,60	711.019,50
	antrópico	55.775,35	75.005,28



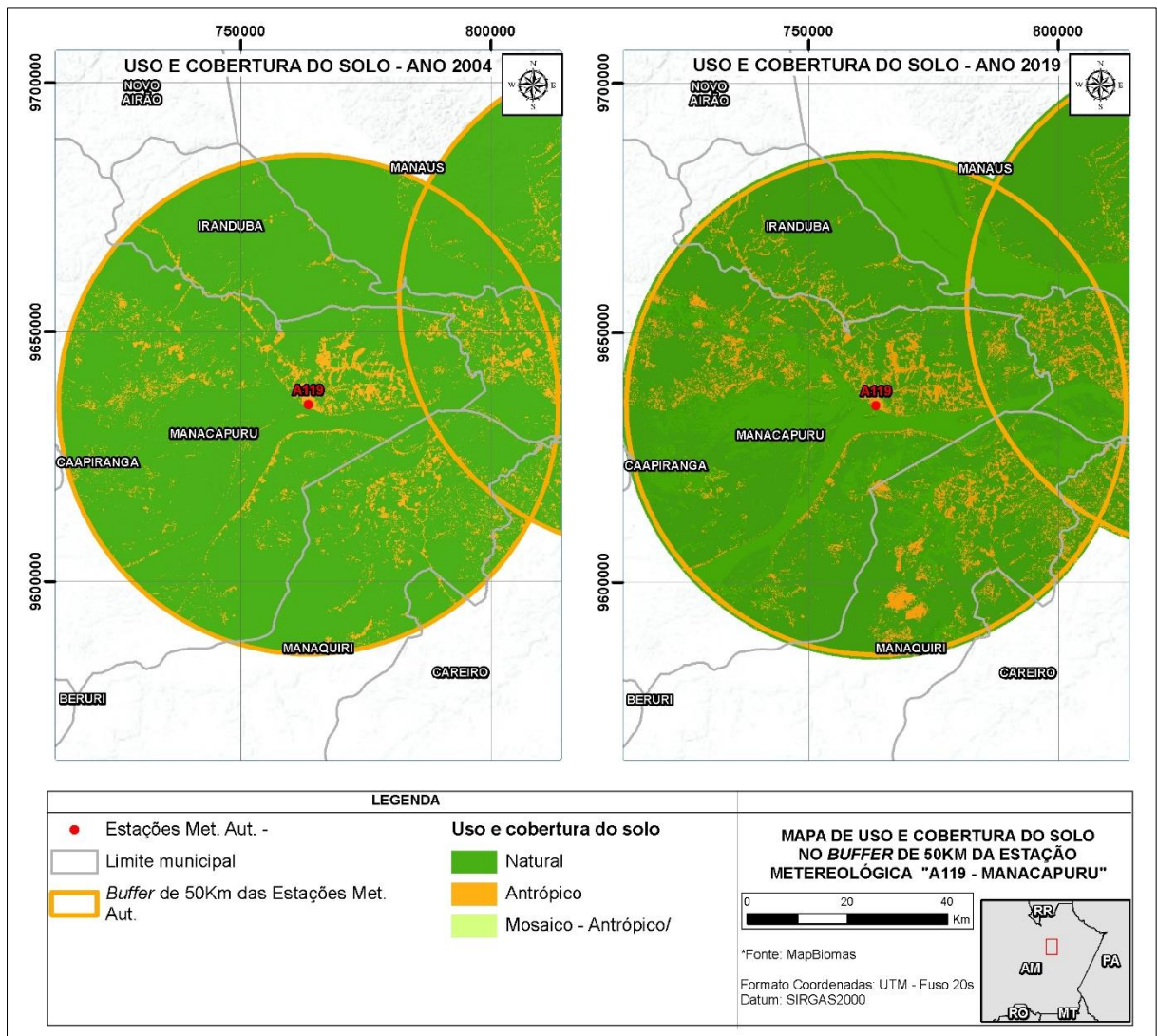
**Figura 28 - Gráfico de percentuais de uso e cobertura do solo nos anos 2004 e 2019 do entorno da estação meteorológica de Manacapuru - AM. Fonte: Adaptado Mapbiomas v 4.1, 2021)**



A área da estação meteorológica utilizada para validação é caracterizada por estar em ambiente amazônico com presença de densas florestas tropicais. Neste contexto, as áreas de florestas são convertidas para uso antrópico. Esta conversão da origem a áreas de pastagens isoladas, que estão localizadas principalmente, nas bordas de estradas vicinais. Neste estudo, não foi realizada abordagem profunda para obter informações referentes à finalidade do desmatamento na região, o que seria oportuno em uma outra dissertação ou tese. Na Figura 29 a seguir, podem ser observados os uso e cobertura do solo na área de análise nos anos de 2004 e 2019.

**Figura 29 - Uso e cobertura do solo - Ano 2004/ 2019 - Estação Manacapuru - AM.**

**Fonte: Adaptado MapBiomas v 4.1)**



### 5.6 Dinâmica meteorológica da estação de Manacapuru- AM entre 2009 e 2020.

Este item consiste na apresentação e consolidação do histórico de dados meteorológicos da estação automática meteorológica de Manacapuru-AM ao longo do período de análise de disponibilidade de dados (2009- 2020). Apesar da estação ter sido inaugurada no ano de 2008, desconsideramos este ano da análise, já que para este período, são disponibilizados dados somente a partir do mês de abril. Os dados apresentados a seguir, são referentes ao histórico de precipitação, temperaturas (máxima absoluta, média mensal e mínima absoluta), radiação global e umidade relativa do ar.

A dificuldade de utilização de dados meteorológicos do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) também foi observada, mas com menor frequência que para os dados aqui obtidos para a estação Manacapuru-AM - A119. Portanto, foi realizado um compilado da representação dos dados que apresentaram inconsistências. Para isto, foram considerados os dados de variáveis que apresentaram ausência de informações em um mês ou mais de cada ano, sendo estes interpolados posteriormente. Nota-se no Quadro a seguir (Quadro 13), onde (A) se refere ao ano de análise, (B) é a variável que apresentou problemas quanto à baixa frequência, grande variação em relação a demais dados ou ausência de informações e (C) foi a inconsistência observada.

**Quadro 13 - Anos e variáveis com identificação de inconsistência de dados referentes a estação meteorológica automática de Manacapuru -AM (INMET, 2021)**

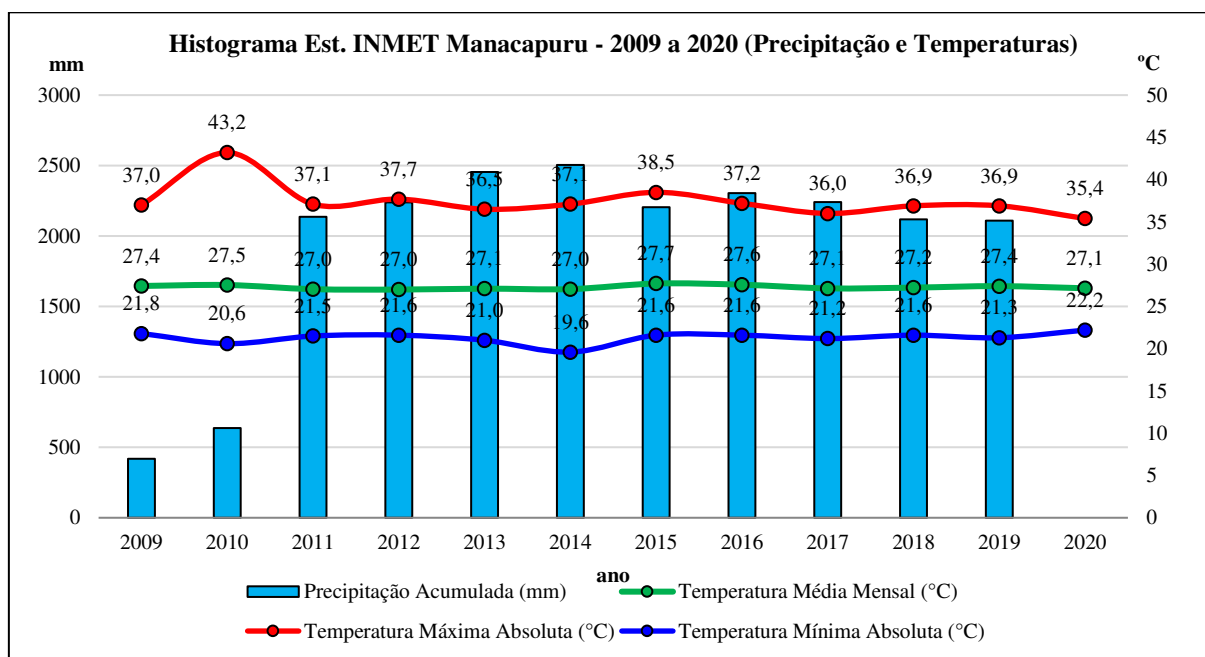
<b>ANO (A)</b>	<b>Variável (B)</b>	<b>Inconsistência (C)</b>
2009	Precipitação	Indicativo de falha no sistema - Dados com valores destoantes em relação a demais anos
2010	Precipitação	Indicativo de falha no sistema - Dados com valores destoantes em relação a demais anos
2020	Precipitação	Ausência significativa de dados
	Radiação global	Indicativo de falha no sistema - Dados com valores destoantes em relação a demais anos

Os quadros consolidados com informações mensais e acumulados anuais para os dados obtidos para a estação meteorológica de Manacapuru-AM, estão disponíveis no ANEXO 2 deste documento.

A seguir, são apresentados os gráficos consolidados de acordo com o banco de dados disponibilizados pelo INMET. Os parâmetros meteorológicos indicam que a variável temperatura máxima absoluta teve variações de aproximadamente 8°C ao longo do período de 2009 a 2020. A maior temperatura observada neste período foi de 43,2°C em 2010 e a menor de 35,4° em 2020. A temperatura média mensal apresentou amplitude de 0,6°C com extremos ocorrendo em 2015 (27,7°C) e 2011, 2012 e 2014 (27,0°C para todos esses anos). Em relação à temperatura mínima absoluta, o menor valor ocorreu em 2014 (19,6°C) e as maiores em 2020 (22,2°C). No intervalo de coleta de dados aqui abordado, a variável precipitação apresentou ausências substanciais de dados, impossibilitando uma análise conclusiva para todo o período de análise. Sendo assim, considerando o período de 2011 a 2019, intervalo em que os dados não apresentaram grandes inconsistências, obteve-se uma amplitude de 395,00 mm

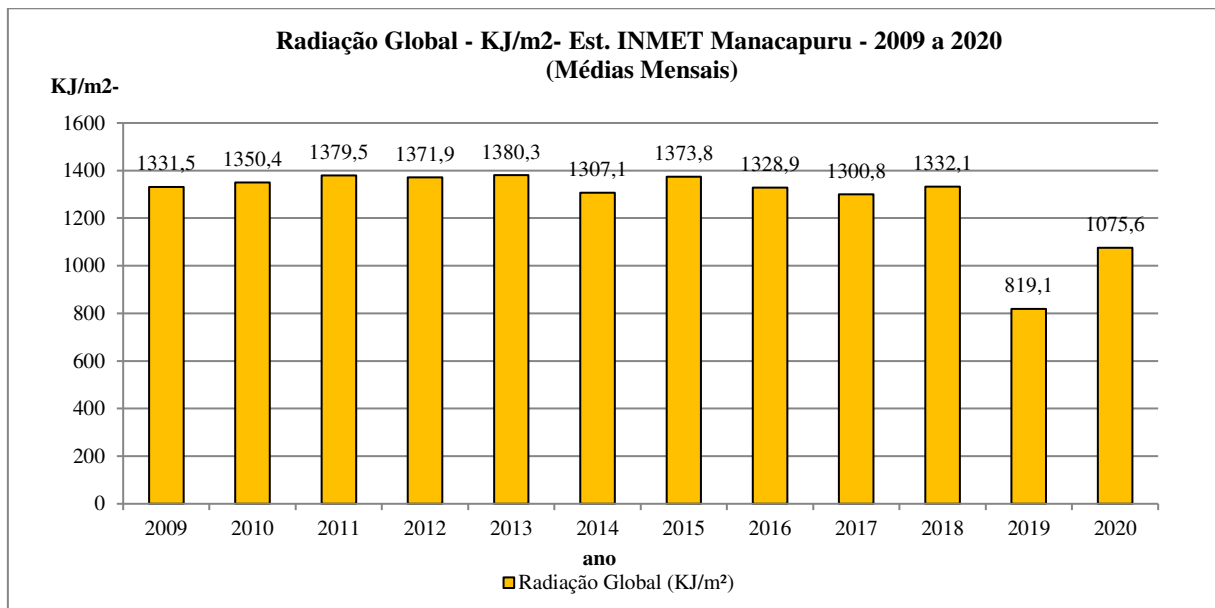
de volume de precipitação como o máximo volume acumulado, sendo este registro associado ao ano de 2014 (2.505,00 mm) e o mínimo em 2019 (2.109,80 mm). Estas informações estão representadas na Figura 30 a seguir.

**Figura 30 - Gráfico de média anual de precipitação, temperatura absoluta, temperaturas mínimas e máximas para o período de 2009 a 2020 da estação automática de Manacapuru - AM (INMET, 2021)**



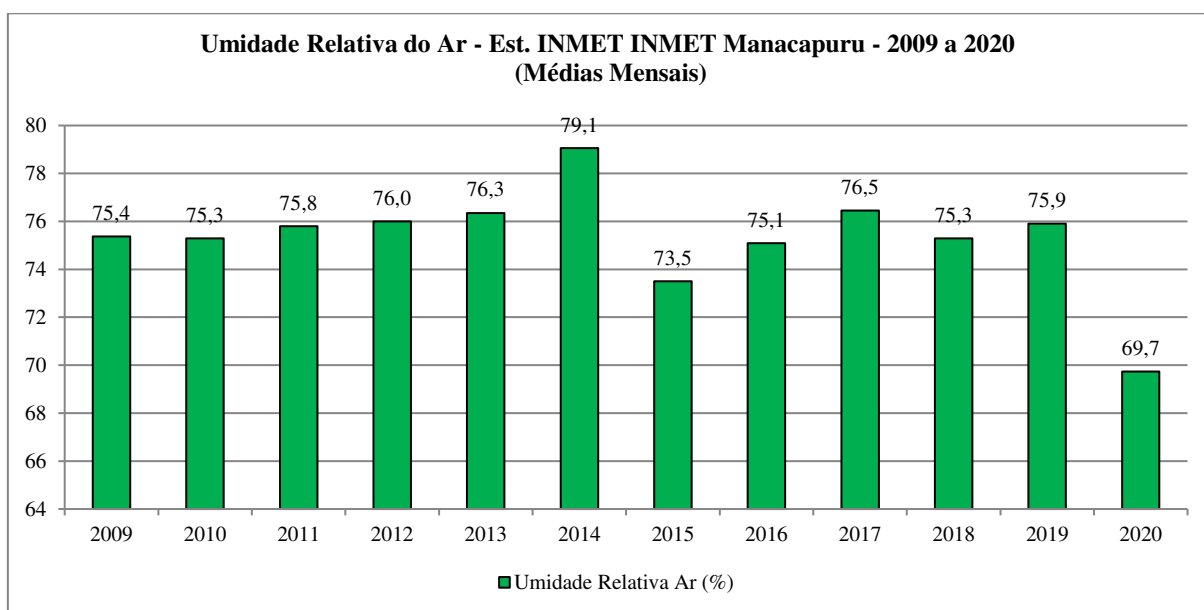
Com relação à variável radiação global, existe uma discrepância de dados consolidados nos anos de 2019 e 2020. Com isto, estes dados correspondentes a essa variável foram desconsiderados nesta análise. Para os demais anos, notou-se que os eventos extremos ocorreram em 2013 (1.380 KJ/m<sup>2</sup>) e 2014 (1.307 KJ/m<sup>2</sup>), o que representa uma variação de 5,3%. As informações destas variáveis estão representadas no gráfico da Figura 31 a seguir

**Figura 31 - Gráfico de média anual de radiação global para o período de 2009 a 2020 da estação automática de Manacapuru - AM (INMET, 2021)**



A variável meteorológica umidade relativa do ar foi a que apresentou mais constância de disponibilidade de dados captados da estação automática de Manacapuru- AM. Nota-se que os eventos extremos se mantiveram nos anos de 2020 (69,7%) e 2014 (79,1%) e com uma amplitude de 10,6%. As informações destas variáveis estão representadas no gráfico da Figura 32 a seguir.

**Figura 32 - Gráfico de média anual de umidade relativa do ar para o período de 2009 a 2020 da estação automática de Manacapuru (INMET, 2021)**



Diante da apresentação dos indicadores das variáveis meteorológicas para o período de 2009 a 2020, observou-se que os eventos extremos dentro da amplitude aplicável ocorreram em 2014. Os índices de precipitação e umidade do ar tiveram seus maiores indicadores atingidos neste ano e o inverso ocorreu com a radiação global que apresentou menor indicação no período de análise. O mesmo fenômeno ocorreu em 2020, com a menor porcentagem de umidade do ar identificada, mas também a maior ocorrência de radiação global, mostrando grande correlação entre estas variáveis.

### **5.7 Validação de indícios da correlação entre variabilidade meteorológica e alteração do uso e cobertura do solo considerando dados da estação controle.**

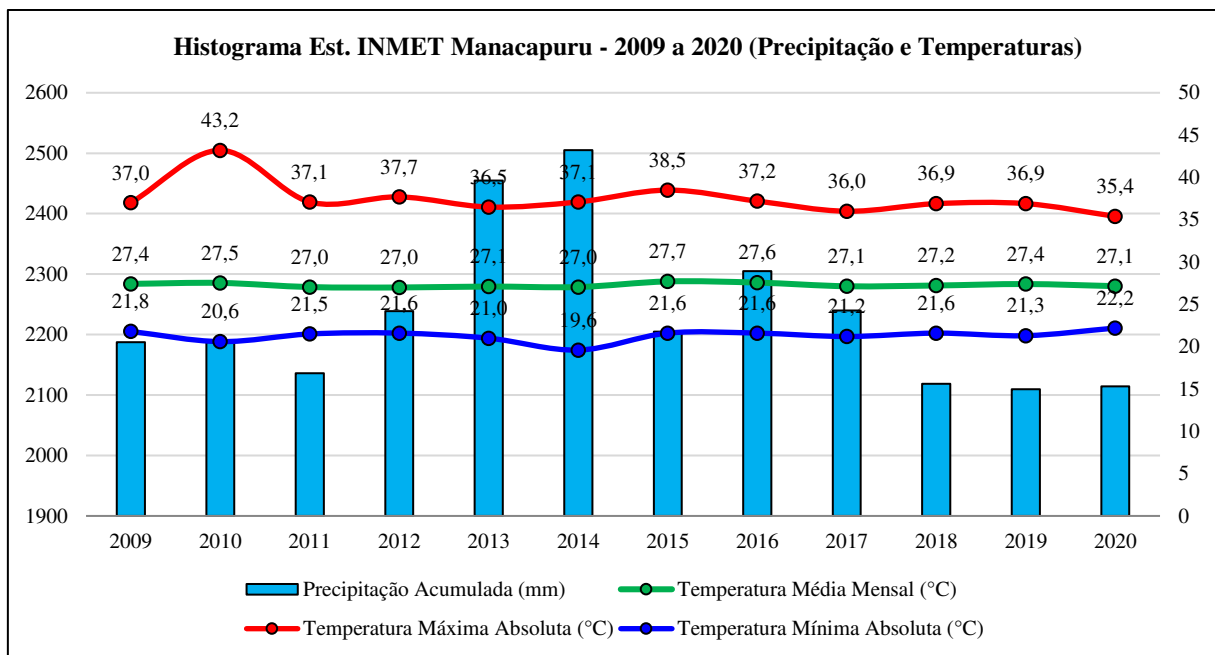
No item anterior foi indicado que os dados meteorológicos da estação automática de Manacapuru-MT apresentaram algumas inconsistências, as quais estão relacionadas, principalmente, à ausência de dados por longos períodos. Este fato trouxe dificuldades para o contexto deste trabalho, considerando que um dos procedimentos para a avaliação do resultado que se espera para esta pesquisa é a análise do comportamento de variáveis meteorológicas ao longo do período de 11 anos (2009 - 2020). Assim, buscou-se então, a minimização destas inconsistências, através da interpolação de valores em período com ausência de dados. Este processo considerou, os intervalos de dados onde não haviam informações, a média dos mesmos períodos dos dois anos subsequentes, ou anos anteriores,

como nos casos dos anos 2019 e 2020. Os processos foram realizados conforme exemplo no Quadro 14, a seguir.

**Quadro 14 - Modelo para geração de média onde não haviam informações oficiais quanto a variáveis meteorológicas**

ANO	MÊS	SITUAÇÃO INICIAL	SITUAÇÃO FINAL	BASE PARA MÉDIA
2020	janeiro a dezembro	Sem dados de precipitação (mm)	2.114,3 mm	Média dos valores mensais dos anos de 2018 e 2019. Esta média mensal é somada para acumulado anual de 2020

**Figura 33 - Gráfico de média anual de precipitação, temperatura absoluta, temperaturas mínimas e máximas para o período de 2009 a 2020 da estação automática de Manacapuru - AM (INMET, 2021)**



Analisando-se os resultados gerados e apresentados no gráfico da Figura 33, observou-se que ao longo do período da análise (2009-2020), constatou-se grande variabilidade meteorológica, não existindo um padrão de tendência. Em relação às temperaturas máximas absolutas, a variabilidade máxima foi de 7,8°C (mínima em 2020 e máxima em 2010). As temperaturas mínimas absolutas tiveram amplitude máxima de 2,6°C (mínima em 2014 e máxima em 2020). Já a temperatura média teve oscilação máxima de 0,6°C.

Diante das informações apresentadas acima, numa análise preliminar chegou-se à conclusão da necessidade de relacionar estas informações com a ocorrência de eventos de

abrangência continental, tal como o El Niño e La Niña. Assim, abordando-se esses fatores tem-se que no mesmo período do evento extremo de temperatura máxima, constatou-se a ocorrência do fenômeno de El Niño, o qual consiste no aquecimento das águas do Pacífico e que pode causar eventos adversos nas áreas continentais de países, tais como no Brasil. Estes eventos podem estar relacionados às chuvas e temperaturas acima da média. Observou-se também que o evento máximo de precipitação ocorreu no ano de 2014, ano de ocorrência do fenômeno El Niño, o qual tem como consequência o aquecimento das águas do Oceano Pacífico e a redução do volume de chuvas no continente, apresentado assim, uma tendência diferente daquelas que normalmente ocorrem em eventos globais deste tipo. O mesmo ocorre com o registro de temperatura máxima absoluta no ano de 2010. O maior valor da série histórica, aconteceu em ano de ocorrência de La Niña. É possível observar neste item, a tendência de queda em valores de precipitação, após tendência de alta nos anos 2012, 2013 e 2014. Um resumo dos fenômenos La Niña e El Niño ano a ano, bem como os dados tabulados das variáveis aqui consideradas é apresentado no Quadro 15.

**Quadro 15 - Média de variáveis meteorológicas da estação Manacapuru e ocorrência do EL Niño ou La Niña.**

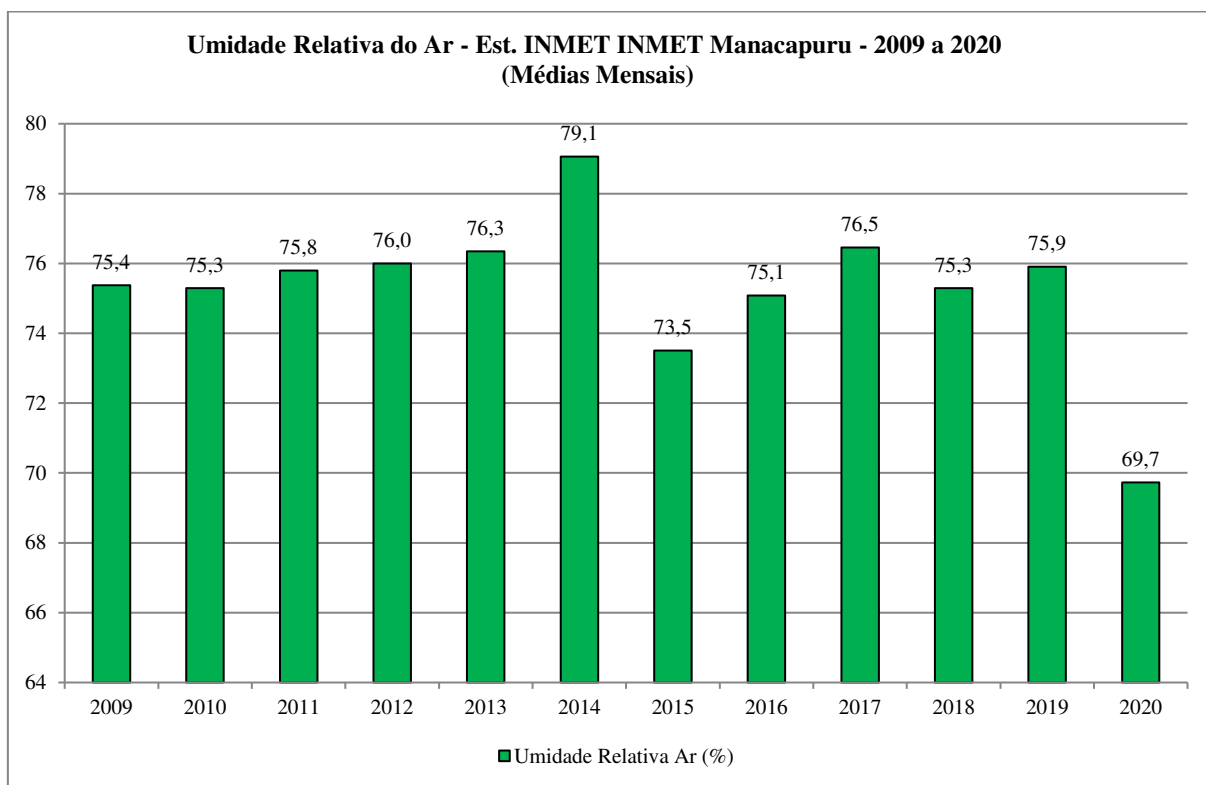
Ano	ANOMALIAS	Precipitação Acumulada (mm)	Temperatura Média Mensal (°C)	Temperatura Máxima Absoluta (°C)	Temperatura Mínima Absoluta (°C)	Umidade Relativa Ar (%)	Radiação Global (KJ/m <sup>2</sup> )
2009	El Niño	2.188	27,4	37,0	21,8	75,4	1.331,5
2010	La Niña	2.188	27,5	43,2	20,6	75,3	1.350,4
2011	La Niña	2.136	27,0	37,1	21,5	75,8	1.379,5
2012	La Niña	2.239	27,0	37,7	21,6	76,0	1.371,9
2013	La Niña	2.455	27,1	36,5	21,0	76,3	1.380,3
2014	El Niño	2.505	27,0	37,1	19,6	79,1	1.307,1
2015	El Niño	2.205	27,7	38,5	21,6	73,5	1.373,8
2016	La Niña/ El Niño	2.305	27,6	37,2	21,6	75,1	1.328,9
2017	La Niña	2.240	27,1	36,0	21,2	76,5	1.300,8
2018	La Niña/ El Niño	2.119	27,2	36,9	21,6	75,3	1.332,1
2019	El Niño	2.110	27,4	36,9	21,3	75,9	819,1
2020	La Niña	2.114	27,1	35,4	22,2	69,7	1.075,6

Analisando-se ainda o Quadro 14 tem-se que a variável meteorológica correspondente à umidade relativa do ar teve uma apresentação atípica diante do histórico de registros entre 2009 e 2020, apresentando o menor valor da série histórica. Importante observar que neste



ano, também ocorreu o fenômeno El Niño. Para entender melhor esses fenômenos apresenta-se a Figura 34, a seguir:

**Figura 34 - Gráfico de média anual de umidade relativa do ar para o período de 2004 a 2020 da estação automática de Manacapuru - AM (INMET, 2021)**



Com as análises de dados meteorológicos apresentados na Figura 36, observou-se que tais dados tiveram grande oscilação, mesmo tendo baixas taxas de conversão do uso e cobertura do solo. Estes indicadores nos levam ao entendimento de que as variabilidades meteorológicas estão muito mais diretamente associadas aos eventos globais e continental do que associado aos eventos locais de alteração do uso e cobertura do solo. Vale destacar que apesar desta indicativa, a alteração do uso e cobertura do solo provoca impactos diretos associados a fauna, flora e biodiversidade.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com relação ao trabalho aqui desenvolvido, é possível enumerar vários aspectos que indicam contribuições: escolha das áreas de estudo dentro da Bacia hidrográfica do rio Amazonas, apresentação de dados tanto qualitativos como quantitativos, apresentação da dinâmica temporal do fenômeno que foi estudado, bem como da apresentação de um cenário cujos dados podem ser utilizados para ações tanto preventivas como preditivas, certificação dos resultados em termos de mapas temáticos produzidos.

Em relação aos processos de classificação supervisionada, a coleta de dados amostrais realizada através de análise visual de imagens de boa resolução espacial via Google Earth, proporcionou bons resultados para subsidiar classificação de imagens dos sensores LANDSAT, representa também a possibilidade de redução de custos quanto a visitas em campo para validação de pontos amostrais. Uma alternativa nesse sentido e que se apresentaria como segura e de custo mais baixo se comparado aos custos de deslocamento e logística para ida a campo efetiva ao local de análise, seria a inspeção com a utilização de DRONES, mas que se restringe ainda em termos de limitação de autonomia desses equipamentos. A geração de índices e processo de segmentação aplicado, se mostraram também eficientes para busca dos objetivos deste item do estudo. Em termos de avaliação da qualidade dos dados temáticos, a matriz de confusão e o índice kappa se mostraram eficientes. No entanto, vale ressaltar que para pesquisas futuras poderia ser aplicado algum outro tipo de índice, tal como o de Pearson.

Em relação aos dados meteorológicos, a instabilidade, inconsistência e ausência de dados em diversos período de análise comprometeram a pesquisa quanto a uma análise mais precisa das informações. Apesar do sistema de transmissão de dados das estações abordadas serem automáticos, variáveis como, a necessidade de manutenção ou falhas nos sistemas energéticos demonstraram fragilidade em sistema que poderia fornecer informações mais consistentes. Neste cenário fez- necessário a interpolação de dados baseado- se em médias consideradas como valores reais neste estudo e que proporcionaram uma análise com ressalvas. O modelo disponibilizado pelo WorldClim é uma fonte de dados que pode contribuir para análises de comportamento de dados meteorológicos considerando que as informações deste, geradas a partir de interpolações apresentam comportamentos semelhantes ao identificados pela análise de dados do INMET.

Considerando outro objetivo desta pesquisa, que se refere a identificação do comportamento e dinâmica de alteração do uso e cobertura do solo e variáveis meteorológicas, podemos concluir que pelas indicativas demonstradas, pelos quantitativos de uso e cobertura do solo e sua dinâmica de alteração, assim como, o comportamento dos dados meteorológicos, nota-se que não foi possível atribuir de forma direta relação entre estes fatores em escala local. Esta conclusão pode estar relacionada aos períodos de análise, que pode ser considerado curto para efetiva alteração de padrões meteorológicos. A utilização de informações de duas áreas (Sorriso- MT e Manacapuru- AM), localizadas em ambientes e condições destoantes um da outra, serviram para embasamento para o que foi indicado até momento nesta pesquisa. Importante ressaltar que as alterações do uso e cobertura do solo causam impactos diretos no ambiente, causando efeitos cinéticos como perda de áreas florestais e consequências diretas na biodiversidade. Os resultados também indicam que a variabilidade meteorológica está mais associada a eventos e fenômenos globais que interferem na dinâmica local. Outro ponto importante a ser ressaltado é a caracterização da área de estudo principal, com predominância de área de cultivo, sendo possível que a correlação entre uso e cobertura do solo e variáveis meteorológicas possam funcionar de maneira diferente, por exemplo, em áreas de predomínio urbano. É possível também que o microclima local tenha sido alterado, mas não identificado pelos sensores da estação meteorológica.

Vale ressaltar que todos os recursos utilizados nessa pesquisa, tais como os programas computacionais correspondentes ao *ArcGIS* e ao *Ecognition*, ambos comerciais, bem como as imagens de satélite disponíveis gratuitamente, além da análise em escritório pelo Google Earth, se mostraram eficientes, do ponto de vista tecnológico, gerando bons resultados para uma análise científica bem profunda e contundente. Dentro desse aspecto em termos de recursos, considerando-se a disponibilidade gratuita de imagens de satélite, num futuro próximo, sugere-se em estudos futuros o emprego de imagens do satélite Amazônia-1, de modo a se replicar a presente pesquisa. Importante ressaltar também a importância dos dados disponibilizados pelo Mapbiomas para realização de análises temporais do uso e cobertura do solo

## 7 REFERENCIA

**Atlas nacional do Brasil. Milton Santos/ IBGE**, Diretoria de Geociências. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

ABREU, Alexandre M.; SÁTIRO, Guadalupe; LITRE, Gabriela; *et al.* A interface entre saúde, mudanças climáticas e uso do solo no Brasil: uma análise da evolução da produção científica internacional entre 1990 e 2019. **Saúde e Sociedade**, v. 29, n. 2, p. 1-16, 2020. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/sausoc/article/view/175967>>. Acesso em: 10 Jan. 2021.

ALENCAR, Ane; Z. SHIMBO, Julia; LENTI, Felipe; *et al.* Mapping Three Decades of Changes in the Brazilian Savanna Native Vegetation Using Landsat Data Processed in the Google Earth Engine Platform. **Remote Sensing**, v. 12, n. 6, p. 924, 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2072-4292/12/6/924>>. Acesso em: 25 Fev. 2021.

**AR4 Climate Change 2007: The Physical Science Basis — IPCC**. Ipcch. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg1/>>. Acesso em: 20 Mai. 2020.

BAATZ, Martin; SCHAPE, Arno. Multi resolution Segmentation: an optimization approach for high quality multi scale image segmentation. **Beutrage zum AGIT-Symposium. Salzburg, Heidelberg, 2000**, p. 12-23, 2013. Disponível em: <<https://pdf4pro.com/cdn/multiresolution-segmentation-an-optimization-approach-598443.pdf>>. Acesso em: 25 Fev. 2021.

BAATZ, M.; SCHÄPE, A. Multiresolution Segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Heidelberg, v. 58, n. 3-4, p. 12-23, 2000.

BLASCHKE, Thomas; STROBL, Josef. **What's wrong with pixels? Some recent developments interfacing remote sensing and GIS**. In: GeoBIT/GIS 6: 12-17. 2001. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/216266284\\_What's\\_wrong\\_with\\_pixels\\_Some\\_recent\\_developments\\_interfacing\\_remote\\_sensing\\_and\\_GIS](https://www.researchgate.net/publication/216266284_What's_wrong_with_pixels_Some_recent_developments_interfacing_remote_sensing_and_GIS)>. Acesso em: 21 Abr. 2020.

BLASCHKE, Thomas; LANG, Stefan; LORUP, Eric; *et al.* Object-oriented Image Processing in an Integrated GIS/Remote Sensing Environment and Perspectives for Environmental Applications. **Dl.gi.de**, 2021. Disponível em: <<https://dl.gi.de/handle/20.500.12116/26632>>. Acesso em: 25 Jan. 2021.

BLASCHKE, T.; HAY, G. J.; MAGGI, K.; LANG, S.; HOFMANN, P.; ADDINK, E.; FEITOSA, R. Q.; MEER, F. van der; WERFF, H. van der; COILLIE, F. van; TIEDE, D. Geographic objectbased image analysis - towards a new paradigm. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 87, p. 180-191, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271613002220> . Acesso em: jun. de 2020.

BLASCHKE, T. Object based image analysis for remote sensing. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 65, n. 1, p. 2-16, 2010. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271609000884>>. Acesso em: 25 Jan. 2021.

BLASCHKE, Thomas; LANG, Stephen; HAY, Geoffrey (Eds). **Object-based image analysis, spatial concepts for knowledge-driven remote sensing applications**. Springer, 2008. 817p.

BRANDO, P. M.; SOARES-FILHO, B.; RODRIGUES, L.; *et al.* The gathering firestorm in southern Amazonia. **Science Advances**, v. 6, n. 2, p. eaay1632, 2020. Disponível em: <<https://advances.sciencemag.org/content/6/2/eaay1632>>. Acesso em: 25 Out. 2020.

BRANDO, PM; BALCH, JK; BALCH; NEPSTAD, DC. Abrupt increases in Amazonian tree mortality due to drought-fire interactions. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, 111, p. 6347- 6352, 2014.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretária-geral. Projeto Radambrasil. Folha SD 21 Cuiabá; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982. 520p.

CAMARGO, L. Atlas de Mato Grosso. **Abordagem socioeconômico-ecológica**. Cuiabá: Entrelinhas/Seplan/Sema, 2011. 96 p.

CARRASCO, Luis; O'NEIL, Aneurin; MORTON, R.; *et al.* Evaluating Combinations of Temporally Aggregated Sentinel-1, Sentinel-2 and Landsat 8 for Land Cover Mapping with Google Earth Engine. **Remote Sensing**, v. 11, n. 3, p. 288, 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2072-4292/11/3/288>>. Acesso em: 25 Mai. 2020.

CASTRO, César Nunes de. A agropecuária na região Centro-Oeste: limitações ao desenvolvimento e desafios futuros. **Ipea.gov.br**, 2012. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/2655#:~:text=V%C3%A1rios%20fatores%2C%20entretanto%2C%20s%C3%A3o%20frequentemente,e%20falta%20de%20assist%C3%Aancia%20t%C3%A9cnica.>>. Acesso em: 21 jul. 2020.

COHEN, Jacob. A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. **Educational and Psychological Measurement**, v. 20, n. 1, p. 37-46, 1960. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/001316446002000104>>. Acesso em: 10 Out. 2021.

CONGALTON, Russell G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, v. 37, n. 1, p. 35-46, 1991. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/003442579190048B?via%3Dihub>>. Acesso em: 10 Out. 2021.

COUTINHO, Alexandre Dantas Soares. **Classificação orientada a objeto para identificação de áreas urbanas propícias a transmissão da leptospirose**. 2006. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Cartográfica, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <[http://www.cartografia.ime.eb.br/trabalhos/MESTRADO/2006\\_ALEXANDRE\\_DANTAS\\_SOARES\\_COUTINHO/dissertcaofinal.pdf](http://www.cartografia.ime.eb.br/trabalhos/MESTRADO/2006_ALEXANDRE_DANTAS_SOARES_COUTINHO/dissertcaofinal.pdf)>. Acesso em: 21 jan. de 2021.

DA SILVA, José Francisco Graziano; VELHO, Otavio Guilherme. **A modernização dolorosa: estrutura agrária, fronteira agrícola e trabalhadores rurais no Brasil**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1981. 192 p.

DE CASTRO, César Nunes. **A agropecuária na região Centro-Oeste: Limitações ao desenvolvimento e desafios futuros**. Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2014.

DEFINIENS. **Ecognition: user guide 3**. Germany. 2008, 305 p

ENVI. (2007). Guia do Envi em Português. Visual Information Solutions: SulSoft Serviços de Processamento de Dados LTDA.

FEARNSIDE, Philip Martin. Global warming in Amazonia: impacts and Mitigation. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 4, p. 1003-1011, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/j/aa/a/hmdkFCRrzP48QzMpLkQ4r4f/?lang=en>>. Acesso em: 21 Jul. 2021.

FERNANDES, Rener Ribeiro; NUNES, Gustavo Manzon ; SILVA, Thiago Sanna Freire. Classificação orientada a objetos aplicada na caracterização da cobertura da terra no Araguaia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 9, p. 1251-1260, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/j/pab/a/3vTf3D6LZdxSPqGmPVT4Z5L/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 10 Abr. 2020.

FICK, S. E.; HIJMANS, R. J. WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 37, p. 4302-4315, 2017.

FIGUEIREDO, Geíza Coutinho; VIEIRA, Carlos Antonio Oliveira. Estudo do comportamento dos índices de Exatidão Global, Kappa e Tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens do sensoriamento remoto. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2007. Florianópolis - SC. Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.13.17.35/doc/5755-5762.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2020.

FLEISS, J. L.; COHEN, J.; EVERITT, B. S. Large sample standard errors of kappa and weighted kappa. **Psychological Bulletin**, v. 72, n. 5, p. 323-327, 1969.

FOODY, G. M. Explaining the unsuitability of the kappa coefficient in the assessment and comparison of the accuracy of thematic maps obtained by image classification. **Remote Sensing of Environment**, v. 239, n. January, p. 111630, 2020.

GAROFALO, Danilo Francisco Trovo; MESSIAS, Cassiano Gustavo; LIESENBERG, Veraldo; *et al.* Análise comparativa de classificadores digitais em imagens do Landsat-8 aplicados ao mapeamento temático. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 7, p. 593-604, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/j/pab/a/fhVZ5RkrFHVPP4HXVMSmKLp/?lang=pt>>. Acesso em: 10 abr. 2020.

GONÇALVES, Marcio Leandro. **Uma arquitetura neural modular para classificação de imagens multiespectrais de sensoriamento remoto**. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e de Computação - Unicamp.).1997. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/259562>>. Acesso em: 25 Out. 2020.

GOOGLE. **Programa Google Earth Pro**. Imagem de satélite das imediações do município de Sorriso -MT. Acesso em: fevereiro de 2021

GRAZIANO NETO, Francisco. Questão agrária e ecologia: crítica da agricultura moderna. **São Paulo: Brasiliense**, 1985.

GRIMM, Alice M.; TEDESCHI, Renata G. ENSO and Extreme Rainfall Events in South America. **Journal of Climate**, v. 22, n. 7, p. 1589-1609, 2009. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/22/7/2008jcli2429.1.xml>>. Acesso em: 19 nov. 2020.

HARALICK, Robert M.; SHANMUGAM, K.; DINSTEN, Its'Hak. Textural Features for Image Classification. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, v. SMC-3,



n. 6, p. 610-621, 1973. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/4309314>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

HAY, G ; CASTILLA, G. Object-based image analysis: Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats (SWOT). **The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**; v. XXXVI-4, 2006. Disponível em: <[https://www.isprs.org/PROCEEDINGS/XXXVI/4-C42/Papers/01\\_Opening%20Session/OBIA2006\\_Hay\\_Castilla.pdf](https://www.isprs.org/PROCEEDINGS/XXXVI/4-C42/Papers/01_Opening%20Session/OBIA2006_Hay_Castilla.pdf)>. Acesso em: 10 Jan. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. **IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais**. - 2. ed., Rio de Janeiro, 2012, 276 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Rede de Estações Meteorológicas Automáticas do INMET**. Brasília: INMET, 2011. 11 p. Nota Técnica no 001/2011/SEGER/LAIME/ CSC/INMET.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais Climatológicas do Brasil**, 1990-2020, 2021, Brasília, DF. Disponível em: < <https://portal.inmet.gov.br/normais>>. Acesso em: 23 Mar. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Mapa de Estações Meteorológicas**, 2021, Brasília, DF. Disponível em: < <https://mapas.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 23 Mar. 2021.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Manuais: Tutorial de Geoprocessamento**. 2006. Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/index.html>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 19157:2013**. ISO. Disponível em: <<https://www.iso.org/standard/32575.html>>. Acesso em: 20 Mai. 2020.

**IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4).** IPCC, Geneva, Switzerland. 2007.

JENSEN, John. R.; **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective.** 2<sup>a</sup> ed. New Jersey: Prentice Hall, 1996.318 p.

KRESSLER, F. P.; STEINNOCHER, K. Image data and LIDAR - an ideal combination matched by object oriented analysis. In: **Geographic Object-Based Image Analysis.** Salzburg: Salzburg University, 2006.

KÖPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde:** Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter, 1931. 388p

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. Agreement of categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977.

LI, Pengcheng; LI, Hengpeng; YANG, Guishan; *et al.* Assessing the Hydrologic Impacts of Land Use Change in the Taihu Lake Basin of China from 1985 to 2010. **Water**, v. 10, n. 11, p. 1512, 2018. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2073-4441/10/11/1512>>. Acesso em: 10 Jul. 2020.

LILLESAND, *Thomas M.*; KIEFER, *Ralph W.* **Remote sensing and image interpretation.** 3.ed. New York: John Wiley, 1994. 750p.

LUDWIG, Annika; NAUSS, Thomas. Automatic classification of Google Earth images for a larger scale monitoring of bush encroachment in South Africa. **International Journal Of Applied Earth Observation And Geoinformation.** Marburg, Germany, p. 89-94. 01 ago. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0303243416300265>. Acesso em: 08 fev. 2021.

LUIZ, A. J. B.; R, FORMAGGIO A; EPIPHANIO, J. C. N; *et al.* Estimativa amostral objetiva de área plantada regional, apoiada em imagens de sensoriamento remoto. . **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v.47, n.9, p.1279-1287. Disponível em:

<<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/941717>>. Acesso em: 10 Jul. 2020.

LUZ, Náissa B.; ANTUNES, Alzir F. B.; TAVARES JÚNIOR, João B. Segmentação multirresolução e classificação orientada a objetos aplicados a imagem spot-5 para o mapeamento do uso da terra. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 40, p.429-446, 2010. Trimestral. Disponível em: < <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/17838> >. Acesso em: 20 Abr. 2021

LUZ, Náissa B.; ANTUNES, Alzir F. B. ; TAVARES JÚNIOR, João Batista.

**Manual Técnico de Uso da Terra. 3.** ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171 p. Disponível em:

< <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>>. Acesso em: 10 Jan. 2021

MARENGO, Jose. On the Hydrological Cycle of the Amazon Basin: A historical review and current State-of-the-art. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.3a. n. 9, 2006.

Disponível em: <[http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m15@80/2007/04.23.17.52/doc/Marengo\\_RBM.pdf](http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m15@80/2007/04.23.17.52/doc/Marengo_RBM.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2021.

**Mapa de clima do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 2002. 1 mapa. Escala 1:5 000 000.

Disponível em:

[https://geofpt.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/climatologia/mapas/brasil/Map\\_BR\\_clima\\_2002.pdf](https://geofpt.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/climatologia/mapas/brasil/Map_BR_clima_2002.pdf) Acesso em: 20 mar. 2021.

**Mapa de vegetação do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 2004. 1 mapa. Escala 1:5 000 000.

Disponível em:

[https://geofpt.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/vegetacao/mapas/brasil/vegetacao.pdf](https://geofpt.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/vegetacao/mapas/brasil/vegetacao.pdf) Acesso em: 20 mar. 2021.

MCCARTHY, James J., et al. (ed.). **Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability: contribution of Working Group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

MEER, Mohammad S.; MISHRA, Anoop K.. Land Use/Land Cover Changes over a District in Northern India using Remote Sensing and GIS and their Impact on Society and Environment. **Journal of the Geological Society of India**, v. 95, n. 2, p. 179-182, 2020. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s12594-020-1407-2>>. Acesso em: 20 Mar. 2021.

MENDONÇA, F.; OLIVEIRA, I. M. D. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. **Oficina de Textos**, 2007.

MONSERUD, R. A.; LEEMANS, R. Comparing global vegetation maps with the Kappa statistic. **Ecological Modelling**, v. 62, n. 4, p. 275-293, 1992.

NASCIMENTO, Renata F. F.; ALCÂNTARA, Enner H.; KAMPEL, Milton *et al.* O algoritmo Support Vector Machines (SVM): Avaliação da separação ótima de classes em imagens CCD-CBERS-2. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009, Natal, Brasil. **Anais... São José dos Campos**: INPE. p. 2079-2086. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/10.20.10.59/doc/2079-2086.pdf>>. Acesso em: 10 Mar. 2021.

NOBRE, Carlos A; SELLERS, Piers J ; JAGADISH SHUKLA. Amazonian Deforestation and Regional Climate Change. **Journal of Climate**, v. 4, n. 10, p. 957-988, 1991. Disponível em: <[https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/4/10/1520-0442\\_1991\\_004\\_0957\\_adarcc\\_2\\_0\\_co\\_2.xml#:~:text=We%20found%20that%20when%20the,\(20%25%20reduction\)%20in%20the](https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/4/10/1520-0442_1991_004_0957_adarcc_2_0_co_2.xml#:~:text=We%20found%20that%20when%20the,(20%25%20reduction)%20in%20the)>. Acesso em: 10 Jul. 2020.

NASA (Estados Unidos) (org.). **GLOBAL CLIMATE CHANGE: evidence. EVIDENCE**. 2020. Disponível em: <https://climate.nasa.gov/resources/global-warming-vs-climate-change/>. Acesso em: 05 jan. 2001.

NASA (Estados Unidos) (org.). **GLOBAL CLIMATE CHANGE: global temperature. GLOBAL TEMPERATURE.** Disponível em: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>. Acesso em: 06 jan. 2021.

NOAA. **Cold and a Warm Episodes by Season.** Adaptado de Oceanic Niño Index (ONNI) In: [www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml). Acesso em: 23 fev. 2021.

NOBRE, Carlos A; SAMPAIO, Gilvan; BORMA, Laura S; *et al.* Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 113, n. 39, p. 10759, 2020. Disponível em: <https://bv.fapesp.br/pt/publicacao/124877/land-use-and-climate-change-risks-in-the-amazon-and-the-need>. Acesso em: 10 fev. 2021.

NÓBREGA, R. A. **Detecção da malha viária na periferia urbana de São Paulo utilizando imagens orbitais de alta resolução espacial e classificação orientada a objetos.** 2007. 166 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes. 2007

NOGUCHI, Maria T. G. **Um sistema baseado em regras fuzzy para classificação supervisionada de imagens multiespectrais de alta resolução** 2004. 150 f. Dissertação (Mestrado em Informática) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/660>. Acesso em: 10 jul.2020.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.** 2018. Disponível em <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/15> Acesso em jun.de 2021.

PBMC, 2014: **Base científica das mudanças climáticas.** Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas [Ambrizzi, T., Araujo, M. (eds.)]. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 464 pp.

PESQUISA pecuária municipal. In: IBGE. Sidra: Sistema IBGE de recuperação automática. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?edicao=17941&t=series-historicas>>. Acesso em 23 de jul. de 2021.

PHAN, Thanh Noi; KUCH, Verena; LEHNERT, Lukas W.. Land Cover Classification using Google Earth Engine and Random Forest Classifier—The Role of Image Composition. **Remote Sensing**. Munich, p. 1-22. 27 jul. 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/15/2411/htm>. Acesso em: 07 jan. 2021.

**PIB do Agronegócio alcança participação de 26,6% no PIB brasileiro em 2020 | Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA)**. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA). Disponível em: <<https://www.cnabrasil.org.br/boletins/pib-do-agronegocio-alcanca-participacao-de-26-6-no-pib-brasileiro-em-2020#:~:text=O%20PIB%20do%20agroneg%C3%B3cio%20brasileiro,a%20quase%20R%24%20%20trilh%C3%B5es.>>. Acesso em: 10 Abr. 2021.

PIELKE, Roger A.; PITMAN, Andy; NIYOGI, Dev; *et al.* Land use/land cover changes and climate: modeling analysis and observational evidence. **WIREs Climate Change**, v. 2, n. 6, p. 828-850, 2011. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/wcc.144>>. Acesso em: 10 Fev. 2021.

PORTES, R. C. **Identificação do uso da terra sob manejo agroecológico utilizando imagem de alta resolução e conhecimento local**. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Solos), Universidade Federal de Viçosa, 85 p., 2010.

**Projeto MapBiomias** - Coleção [4.1] da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Disponível em: <<https://plataforma.mapbiomas.org/map#coverage>>. Acesso em: 20 Abr. 2021

RICHARD, Landis J; KOCH, Gary G. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/2529310?seq=1>>. Acesso em: 25 Out. 2020.

SINGH, Sukhdeep; BHARDWAJ, Anil ; VERMA, V.K. Remote sensing and GIS based analysis of temporal land use/land cover and water quality changes in Harike wetland ecosystem, Punjab, India. **Journal of Environmental Management**, v. 262, p. 110355, 2020. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32250824/>>. Acesso em: 12 Jul. 2020.

SZMRECSÁNYI, Tamás. **Pequena História da Agricultura no Brasil**: do escravismo ao trabalho livre, estrutura agrária e relações de trabalho para onde vai a agroindústria. São Paulo: Contexto, 1990. 998 p.

SCHLEE, Andrey R.. O clima e a arquitetura brasileira. **Ciência & Ambiente**. n. 22, p. 19-34, jan./jun., 2001.

SCHOWENGERDT, R. A. **Remoteensing**: Models and Methods for Image Processing. 3ª ed., - Department of Electrical and Computer Engineering (College of Optical Sciences and Office of Arid Lands Studies) Academic Press: Arizona, 2007. 530p.

SECRETÁRIA DE MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO MATO GROSSO (SEMA- MT), **Relatório de monitoramento da qualidade da água região hidrográfica amazônica 2012-2014**, fevereiro 2016.

SILVA, A. A.; OLIVEIRA, A. P. G.; PARANHOS FILHO, A. C.; GRIGIO, A. M. **Uso do eCognition 8.9 para classificação de Imagem de satélite de alta resolução**. 1. ed., Mossoró: EDUERN, 2016, 106p.

SILVESTRINI, R.A.; Soares-Filho, B.S.; Nepstad, D.; Coe, M.; Rodrigues, H.O.; Assunção, R. **Simulating fire regimes in the Amazon in response to climate change and deforestation**. *Ecol. Appl* **2011**, *21*, 1573-1590

SOUSA, M. A.; RIBEIRO, R. J. C.; CARNEIRO, P. J. R. Aplicações do sensoriamento remoto e do geoprocessamento. Estudo de caso: bacia do rio do Sono, TO - Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais... São José dos Campos**: INPE, 2009. p. 2241-2248. DVD, On-line. Disponível em: <<http://urlib.net/rep/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.18.42>>. Acesso em: 20 Abr. 2021

**THE OBSERVATORY OF ECONOMIC COMPLEXITY**. MIT, 2021. Disponível em: <<https://oec.world/en/profile/country/bra>>. Acesso em: 10 Mar. 2021

TRIMBLE GEOSPATIAL. Definiens eCognition developer. Version 8. Munich: Trimble GeoSpatial, 2009.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. O.. **Introdução à Climatologia**. Ubá: Geographica, 2008. 214p.

TUCCI, Carlos EM; CLARKE, Robin T. Environmental issues in the la Plata Basin. **International Journal of Water Resources Development**, v. 14, n. 2, p. 157-173, 1998. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07900629849376>>. Acesso em: 25 Mai. 2020.

VALASKI, S. **Estrutura e Dinâmica da Paisagem**: subsídios para a participação popular no desenvolvimento urbano do município de Curitiba. Tese de doutorado (Programa de Pós graduação em Geografia - UFPR). Curitiba, 2013.

VASCONCELOS, Cíntia H.; NOVO, Evlyn M.. Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da segmentação e classificação de imagens-fração solo, sombra e vegetação derivadas do modelo linear de mistura aplicado a dados do sensor TM/Landsat5, na região do reservatório de Tucuruí - PA. **Acta Amazonica**, v. 34, n. 3, p. 487-493, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/j/aa/a/gVQhhMRML4h9rJnJgrDFqMs/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 10 Jul. 2020.

VENTURIERI, A. **Utilização da segmentação de imagens e lógica nebulosa para treinamento de uma rede neural artificial na caracterização de classes de uso da terra na região de Tucuruí - PA**. 1995. 108f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos. 1995.

WOODCOCK, C.E.; COLLINS, J.B.; GOPAL, S *et al.* Mapping forest vegetation using Landsat TM imagery and a canopy reflectance model. **Remote Sensing of Environment**, v.50, n.3, p.240- 254, Nova Iorque, 1994. Disponível em <



<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0034425794900744> > Acesso em: 10 jan. 2021.

WMO, 2018. **Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation**. World Meteorological Organization, WMO-No. 1, 2018

QIAN, Y; ZHOU, W; NYTCH, C.J; HAN, L; LI, Z “**A new index to differentiate tree and grass based on high resolution image and object-based methods,**” *Urban Forestry and Urban Greening*, vol. 53, p. 126661, 2020.

ZONEAMENTO SÓCIO-ECONÔMICO-ECOLÓGICO: DIAGNÓSTICO SÓCIO ECONÔMICO ECOLÓGICO DO ESTADO DE MATO GROSSO E ASSISTÊNCIA TÉCNICA NA FORMULAÇÃO DA 2ª APROXIMAÇÃO. **RELATÓRIO TÉCNICO DE VEGETAÇÃO CONSOLIDADO PARA O ESTADO DE MATO GROSSO**. Parte 2: Sistematização das Informações Temáticas, Nível Compilatório. Cuiabá: Relatório Técnico, 2002. 613 pp

**ANEXO 01- Dados completos da estação meteorológica de Sorriso - MT**

**Anexo 1 - Quadro 01 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Sorriso - MT para o ano de 2004 (INMET, 2021)**

Mês	Precipitação Mensal (mm)	Temperatura Média Mensal (°C)	Temperatura Máxima Absoluta (°C)	Temperatura Mínima Absoluta (°C)	Umidade Relativa Ar (%)	Radiação Global (KJ/m <sup>2</sup> )
Jan	468,6	24,7	32,4	19,1	83,4	1305,6
Fev	411,0	24,6	33,1	20,5	83,1	1237,9
Mar	309,8	25,9	34,4	20,3	75,9	1276,0
Abr	98,2	25,6	33,8	20,1	77,0	1218,0
Mai	71,2	24,7	33,7	15,4	72,4	1460,2
Jun	0,0	24,1	33,3	13,7	61,2	1742,6
Jul	30,0	24,2	33,9	14,0	57,9	1387,8
Ago	0,2	25,8	39,8	12,7	46,6	1567,0
Set	26,0	26,8	37,7	12,8	52,3	1350,8
Out	102,2	26,3	36,0	19,1	69,4	1098,6
Nov	s/d	25,8	35,0	19,9	73,5	1426,4
Dez	s/d	25,2	34,4	20,4	77,5	1556,0
<b>Síntese 2004</b>	1517,2	25,3	39,8	12,7	69,2	1385,6
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

**Anexo 1 - Quadro 02 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Sorriso - MT para o ano de 2005 (INMET, 2021)**

Mês	Precipitação Mensal (mm)	Temperatura Média Mensal (°C)	Temperatura Máxima Absoluta (°C)	Temperatura Mínima Absoluta (°C)	Umidade Relativa Ar (%)	Radiação Global (KJ/m <sup>2</sup> )
Jan	s/d	25,0	33,6	20,4	80,9	1420,3
Fev	s/d	25,7	34,5	20,0	78,2	1363,3
Mar	s/d	24,9	33,3	21,5	82,7	1601,6
Abr	s/d	26,0	34,8	16,0	71,7	1133,5
Mai	s/d	25,9	34,3	16,2	65,3	1671,9

Jun	s/d	25,5	35,2	17,9	59,8	1598,2
Jul	s/d	24,8	36,2	13,6	49,6	1349,9
Ago	s/d	26,5	37,4	11,9	42,3	1657,5
Set	s/d	25,8	38,5	13,0	58,6	1040,0
Out	s/d	27,2	37,4	19,8	65,3	1024,9
Nov	s/d	25,7	35,1	19,0	75,3	15829,5
Dez	s/d	24,6	33,0	20,2	80,6	14122,8
<b>Sintese 2005</b>	0,0	25,6	38,5	11,9	67,5	3651,1
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

**Anexo 1 - Quadro 03 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Sorriso - MT para o ano de 2006 (INMET, 2021)**

Mês	Precipitação Mensal (mm)	Temperatura Média Mensal (°C)	Temperatura Máxima Absoluta (°C)
Jan	468,6	24,7	32,4
Fev	411,0	24,6	33,1
Mar	309,8	25,9	34,4
Abr	98,2	25,6	33,8
Mai	71,2	24,7	33,7
Jun	0,0	24,1	33,3
Jul	30,0	24,2	33,9
Ago	0,2	25,8	39,8
Set	26,0	26,8	37,7
Out	102,2	26,3	36,0
Nov	s/d	25,8	35,0
Dez	s/d	25,2	34,4
<b>Sintese 2004</b>	1517,2	25,3	39,8
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>

Mês	Precipitação Mensal (mm)	Temperatura Média Mensal (°C)	Temperatura Máxima Absoluta (°C)	Temperatura Mínima Absoluta (°C)	Umidade Relativa Ar (%)	Radiação Global (KJ/m <sup>2</sup> )
Jan	s/d	25,2	35,2	20,1	79,2	14292,7
Fev	s/d	25,0	35,2	20,1	82,7	13940,9
Mar	s/d	25,5	34,3	20,1	79,9	16222,4
Abr	174,6	25,0	33,4	19,6	79,5	15125,1
Mai	2,0	24,5	34,0	14,1	65,7	18237,3
Jun	s/d	25,0	34,2	16,8	57,2	18401,8

<b>Jul</b>	s/d	25,2	36,8	13,7	52,1	18516,1
<b>Ago</b>	6,0	27,1	37,3	15,3	47,7	18651,7
<b>Set</b>	53,8	26,8	38,0	15,4	59,9	16477,7
<b>Out</b>	137,8	25,7	35,6	19,6	77,3	15896,9
<b>Nov</b>	149,4	26,1	36,4	19,6	73,6	18859,7
<b>Dez</b>	364,2	24,7	32,7	19,3	82,9	14557,9
<b>Síntese 2006</b>	887,8	25,5	38,0	13,7	69,8	16598,3
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

**Anexo 1 - Quadro 04 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Sorriso - MT para o ano de 2007 (INMET, 2021)**

<b>Mês</b>	<b>Precipitação Mensal (mm)</b>	<b>Temperatura Média Mensal (°C)</b>	<b>Temperatura Máxima Absoluta (°C)</b>	<b>Temperatura Mínima Absoluta (°C)</b>	<b>Umidade Relativa Ar (%)</b>	<b>Radiação Global (KJ/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Jan</b>	271,6	25,2	34,1	21,1	82,5	15217,4
<b>Fev</b>	541,0	24,8	34,3	20,3	83,2	13860,5
<b>Mar</b>	140,6	26,2	35,2	21,0	73,8	19561,0
<b>Abr</b>	113,2	26,4	35,2	20,0	74,3	17400,9
<b>Mai</b>	20,8	25,6	34,6	13,1	65,3	18755,9
<b>Jun</b>	3,2	25,8	34,9	16,0	53,6	18988,4
<b>Jul</b>	9,6	24,9	35,6	11,3	54,7	17350,0
<b>Ago</b>	s/d	26,0	37,6	14,7	44,3	19957,7
<b>Set</b>	18,6	27,5	38,2	16,5	49,0	15913,9
<b>Out</b>	169,4	26,4	36,8	19,8	68,7	16089,3
<b>Nov</b>	159,2	25,8	36,3	20,0	75,6	17268,2
<b>Dez</b>	374,4	25,0	34,8	19,5	80,1	16182,4
<b>Síntese 2007</b>	1821,6	25,8	38,2	11,3	67,1	17212,1
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

**Anexo 1 - Quadro 05 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Sorriso - MT para o ano de 2008 (INMET, 2021)**

Mês	Precipitação Mensal (mm)	Temperatura Média Mensal (°C)	Temperatura Máxima Absoluta (°C)	Temperatura Mínima Absoluta (°C)	Umidade Relativa Ar (%)	Radiação Global (KJ/m <sup>2</sup> )
Jan	385,4	24,2	33,2	19,7	83,1	14601,4
Fev	104,6	23,3	30,5	20,6	89,4	7962,1
Mar	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Abr	96,2	25,2	34,0	19,7	81,0	1223,0
Mai	16,2	24,5	33,4	14,9	71,2	1246,6
Jun	s/d	24,5	33,9	14,8	59,5	1406,6
Jul	s/d	25,4	35,2	13,8	45,7	1482,1
Ago	1,2	27,7	37,2	17,0	39,9	1646,4
Set	60,6	27,4	38,9	16,1	51,8	1487,3
Out	202,8	26,9	38,1	20,2	67,3	1395,7
Nov	289,6	25,6	34,8	20,7	79,2	1266,0
Dez	377,8	25,0	34,2	20,6	81,3	1273,9
<b>Síntese 2008</b>	1534,4	25,4	38,9	13,8	68,1	3181,0
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

**Anexo 1 - Quadro 06 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Sorriso - MT para o ano de 2009 (INMET, 2021)**

Mês	Precipitação Mensal (mm)	Temperatura Média Mensal (°C)	Temperatura Máxima Absoluta (°C)	Temperatura Mínima Absoluta (°C)	Umidade Relativa Ar (%)	Radiação Global (KJ/m <sup>2</sup> )
Jan	73,4	25,8	35,0	21,0	77,8	1391,7
Fev	111,0	25,5	33,5	20,4	78,6	1123,8
Mar	303,4	26,0	35,1	20,9	78,5	1143,6
Abr	169,6	25,9	33,1	19,4	77,0	1120,6
Mai	101,2	25,5	32,9	16,7	73,1	1216,6
Jun	14,0	24,5	33,4	14,2	66,6	1294,1
Jul	0,0	26,1	35,6	12,2	53,4	1466,5
Ago	24,2	26,8	37,7	14,3	51,4	1484,1

<b>Set</b>	50,4	28,4	37,9	19,8	60,0	1636,5
<b>Out</b>	89,4	28,6	36,0	21,6	62,9	1817,9
<b>Nov</b>	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
<b>Dez</b>	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
<b>Síntese 2009</b>	936,6	26,3	37,9	12,2	67,9	1369,5
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

**Anexo 1 - Quadro 06 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Sorriso - MT para o ano de 2010 (INMET, 2021)**

<b>Mês</b>	<b>Precipitação Mensal (mm)</b>	<b>Temperatura Média Mensal (°C)</b>	<b>Temperatura Máxima Absoluta (°C)</b>	<b>Temperatura Mínima Absoluta (°C)</b>	<b>Umidade Relativa Ar (%)</b>	<b>Radiação Global (KJ/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Jan</b>	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
<b>Fev</b>	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
<b>Mar</b>	3,0	25,4	31,2	23,8	83,1	141,5
<b>Abr</b>	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
<b>Mai</b>	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
<b>Jun</b>	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
<b>Jul</b>	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
<b>Ago</b>	s/d	28,5	37,1	19,5	48,1	1319,8
<b>Set</b>	s/d	28,6	39,5	17,9	46,2	1307,8
<b>Out</b>	203,6	27,1	37,7	19,9	66,7	1422,2
<b>Nov</b>	209,4	25,7	34,4	19,1	76,1	1429,3
<b>Dez</b>	324,4	25,1	34,5	16,6	78,0	1332,9
<b>Síntese 2010</b>	740,4	26,7	39,5	16,6	66,4	1158,9
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

**Anexo 1 - Quadro 07 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Sorriso - MT para o ano de 2011 (INMET, 2021)**

<b>Mês</b>	<b>Precipitação</b>	<b>Temperatura Média</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Temperatura Mínima</b>	<b>Umidade Relativa Ar</b>	<b>Radiação Global</b>
------------	---------------------	--------------------------	--------------------	---------------------------	----------------------------	------------------------

	Mensal (mm)	Mensal (°C)	Máxima Absoluta (°C)	Absoluta (°C)	(%)	(KJ/m <sup>2</sup> )
Jan	394,4	24,5	33,3	19,4	78,9	1218,7
Fev	362,2	24,8	34,1	20,4	77,2	1289,2
Mar	35,2	24,9	32,9	20,4	78,4	998,5
Abr	s/d	25,8	33,2	19,8	72,8	1250,6
Mai	s/d	25,4	33,5	16,7	62,6	1366,1
Jun	0,0	25,0	34,3	13,0	55,1	1434,7
Jul	0,0	25,6	35,6	11,9	48,3	1527,3
Ago	0,0	26,9	38,3	12,5	42,9	1591,3
Set	s/d	28,7	38,9	19,6	43,2	1532,8
Out	s/d	25,8	36,4	19,3	70,2	1341,9
Nov	s/d	25,1	34,1	18,2	75,6	1348,0
Dez	279,4	24,9	32,6	20,3	78,1	1292,3
<b>Síntese 2011</b>	1071,2	25,6	38,9	11,9	65,3	1349,3
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

**Anexo 1 - Quadro 08 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Sorriso - MT para o ano de 2012 (INMET, 2021)**

Mês	Precipitação Mensal (mm)	Temperatura Média Mensal (°C)	Temperatura Máxima Absoluta (°C)	Temperatura Mínima Absoluta (°C)	Umidade Relativa Ar (%)	Radiação Global (KJ/m <sup>2</sup> )
Jan	236,0	24,2	31,4	20,4	80,8	1108,6
Fev	227,4	24,7	36,2	18,2	74,2	1173,1
Mar	150,2	25,3	34,8	19,9	73,0	1382,3
Abr	87,0	25,8	33,8	20,2	74,2	1298,2
Mai	66,0	25,2	34,2	16,4	67,6	1364,7
Jun	18,8	25,2	34,8	14,0	61,5	1354,9
Jul	0,0	25,2	35,9	12,9	48,4	1503,4
Ago	0,0	26,5	38,3	15,4	39,0	1625,2



<b>Set</b>	98,8	27,9	38,8	16,4	47,7	1374,8
<b>Out</b>	133,4	27,6	37,1	20,6	62,2	1594,7
<b>Nov</b>	261,2	25,6	35,8	19,9	75,9	1296,9
<b>Dez</b>	52,4	26,8	34,2	20,9	69,2	1573,6
<b>Síntese 2012</b>	1331,2	25,8	38,8	12,9	64,5	1387,5
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

**Anexo 1 - Quadro 09 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Sorriso - MT para o ano de 2013 (INMET, 2021)**

<b>Mês</b>	<b>Precipitação Mensal (mm)</b>	<b>Temperatura Média Mensal (°C)</b>	<b>Temperatura Máxima Absoluta (°C)</b>	<b>Temperatura Mínima Absoluta (°C)</b>	<b>Umidade Relativa Ar (%)</b>	<b>Radiação Global (KJ/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Jan</b>	227,4	26,1	33,9	20,7	75,1	1305,6
<b>Fev</b>	259,6	25,7	34,7	18,6	73,4	1237,9
<b>Mar</b>	47,4	25,7	34,9	20,4	76,0	1276,0
<b>Abr</b>	130,6	24,7	31,8	19,7	75,1	1218,0
<b>Mai</b>	46,0	25,8	33,4	19,0	67,1	1460,2
<b>Jun</b>	23,0	26,0	33,9	19,0	62,2	1742,6
<b>Jul</b>	6,0	25,2	35,5	9,8	50,8	1387,8
<b>Ago</b>	0,0	23,6	27,4	21,3	47,1	1567,0
<b>Set</b>	2,0	28,1	38,2	16,8	47,7	1350,8
<b>Out</b>	253,4	26,0	37,1	20,4	70,3	1098,6
<b>Nov</b>	134,0	25,1	34,9	19,6	76,3	1426,4
<b>Dez</b>	137,0	24,8	34,0	19,7	80,3	1556,0
<b>Síntese 2013</b>	1266,4	25,6	38,2	9,8	66,8	1385,6
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

**Anexo 1 - Quadro 10 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Sorriso - MT para o ano de 2014 (INMET, 2021)**

Mês	Precipitação Mensal (mm)	Temperatura Média Mensal (°C)	Temperatura Máxima Absoluta (°C)	Temperatura Mínima Absoluta (°C)	Umidade Relativa Ar (%)	Radiação Global (KJ/m <sup>2</sup> )
Jan	s/d	24,5	32,9	19,6	76,9	1262,6
Fev	91,4	24,8	36,1	19,5	77,4	1174,4
Mar	119,8	25,3	34,3	20,0	76,5	1338,7
Abr	60,8	25,9	33,9	19,9	74,3	1404,8
Mai	2,0	25,8	33,9	15,7	66,2	1383,7
Jun	17,0	25,5	34,2	13,4	59,5	1431,5
Jul	0,0	25,5	35,1	14,1	52,5	1472,8
Ago	7,4	27,3	38,0	17,7	42,9	1557,4
Set	91,4	27,7	38,4	18,2	56,5	1437,4
Out	s/d	27,8	38,4	20,3	58,4	1484,0
Nov	50,8	26,1	35,4	20,6	72,4	1425,9
Dez	358,0	25,0	33,6	20,6	78,4	1246,0
<b>Síntese 2014</b>	798,6	25,9	38,4	13,4	66,0	1384,9
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

**Anexo 1 - Quadro 11 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Sorriso - MT para o ano de 2015 (INMET, 2021)**

Mês	Precipitação Mensal (mm)	Temperatura Média Mensal (°C)	Temperatura Máxima Absoluta (°C)	Temperatura Mínima Absoluta (°C)	Umidade Relativa Ar (%)	Radiação Global (KJ/m <sup>2</sup> )
Jan	0,6	25,9	37,1	19,1	71,3	1508,4
Fev	s/d	24,9	34,7	19,0	77,5	1225,4
Mar	s/d	25,0	35,2	20,3	78,5	1278,0
Abr	s/d	25,7	33,7	20,4	76,7	1211,4
Mai	s/d	25,7	34,0	19,8	71,4	1325,9
Jun	s/d	25,7	35,7	16,8	58,4	1378,1
Jul	s/d	25,7	36,4	16,6	52,8	1445,0
Ago	s/d	27,4	39,2	16,7	42,3	1614,8

<b>Set</b>	s/d	29,2	39,4	19,2	47,9	1519,2
<b>Out</b>	s/d	28,3	39,8	18,9	59,1	1533,2
<b>Nov</b>	s/d	27,0	38,8	20,5	69,1	1392,8
<b>Dez</b>	s/d	26,9	36,8	21,1	69,7	1499,6
<b>Síntese 2015</b>	0,6	26,5	39,8	16,6	64,6	1411,0
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

**Anexo 1 - Quadro 12 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Sorriso - MT para o ano de 2016 (INMET, 2021)**

<b>Mês</b>	<b>Precipitação Mensal (mm)</b>	<b>Temperatura Média Mensal (°C)</b>	<b>Temperatura Máxima Absoluta (°C)</b>	<b>Temperatura Mínima Absoluta (°C)</b>	<b>Umidade Relativa Ar (%)</b>	<b>Radiação Global (KJ/m²)</b>
<b>Jan</b>	s/d	25,3	33,7	21,3	81,5	1001,9
<b>Fev</b>	s/d	26,8	36,0	20,9	71,7	1400,8
<b>Mar</b>	s/d	26,1	34,8	21,5	77,4	1200,4
<b>Abr</b>	s/d	26,7	35,0	14,1	67,8	1477,4
<b>Mai</b>	s/d	26,7	36,2	16,2	62,7	1374,1
<b>Jun</b>	s/d	25,7	36,0	14,9	55,0	1366,9
<b>Jul</b>	0,0	26,3	36,4	15,0	41,1	1533,3
<b>Ago</b>	33,8	26,9	37,8	13,6	47,1	1465,7
<b>Set</b>	133,4	26,2	38,4	13,9	60,0	1357,1
<b>Out</b>	150,8	26,4	37,3	19,2	67,2	1421,7
<b>Nov</b>	289,8	26,0	35,3	20,5	74,3	1372,7
<b>Dez</b>	382,8	24,7	33,5	20,3	79,6	1196,4
<b>Síntese 2016</b>	990,6	26,1	38,4	13,6	65,4	1347,4
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

**Anexo 1 - Quadro 13 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Sorriso - MT para o ano de 2017 (INMET, 2021)**

<b>Mês</b>	<b>Precipitação</b>	<b>Temperatura Média</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Temperatura Mínima</b>	<b>Umidade Relativa Ar</b>	<b>Radiação Global</b>
------------	---------------------	--------------------------	--------------------	---------------------------	----------------------------	------------------------

	Mensal (mm)	Mensal (°C)	Máxima Absoluta (°C)	Absoluta (°C)	(%)	(KJ/m <sup>2</sup> )
Jan	298,6	25,2	34,9	18,6	76,8	1244,3
Fev	330,4	24,8	35,7	20,8	79,7	1121,7
Mar	319,4	25,6	34,9	20,2	77,8	1280,7
Abr	99,2	26,1	34,7	19,0	74,6	1332,0
Mai	25,8	26,6	35,6	19,8	68,0	1309,6
Jun	0,0	25,5	35,0	14,6	55,4	1362,9
Jul	0,0	24,3	35,0	9,7	46,1	1519,2
Ago	15,4	27,7	38,9	14,9	45,7	1561,5
Set	80,2	28,5	39,1	18,5	42,5	1422,9
Out	129,0	27,1	39,0	17,9	63,2	1432,8
Nov	368,6	25,7	35,4	20,8	76,4	1344,7
Dez	288,2	25,1	33,5	20,0	79,3	1198,6
<b>Síntese 2017</b>	1954,8	26,0	39,1	9,7	65,5	1344,2
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

**Anexo 1 - Quadro 14 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Sorriso - MT para o ano de 2018 (INMET, 2021)**

Mês	Precipitação Mensal (mm)	Temperatura Média Mensal (°C)	Temperatura Máxima Absoluta (°C)	Temperatura Mínima Absoluta (°C)	Umidade Relativa Ar (%)	Radiação Global (KJ/m <sup>2</sup> )
Jan	398,0	25,2	35,4	20,2	76,5	1286,9
Fev	315,0	25,2	34,4	20,0	79,4	1205,4
Mar	419,4	25,7	35,6	17,6	77,5	1285,4
Abr	127,8	25,5	34,1	20,4	75,6	1253,7
Mai	104,2	25,6	34,0	15,2	64,7	1350,7
Jun	0,0	24,3	34,5	15,2	59,3	1402,6
Jul	0,0	25,2	36,4	11,8	47,6	1500,6
Ago	12,6	27,0	37,9	14,1	48,1	1502,3

<b>Set</b>	68,4	27,2	39,0	13,8	53,4	1471,7
<b>Out</b>	179,6	26,8	36,8	20,9	69,6	1362,0
<b>Nov</b>	350,4	25,4	35,8	21,1	79,1	1160,2
<b>Dez</b>	192,6	25,2	34,2	20,2	77,5	1263,1
<b>Síntese 2018</b>	2168,0	25,7	39,0	11,8	67,4	1337,1
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

**Anexo 1 - Quadro 15 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Sorriso - MT para o ano de 2019 (INMET, 2021)**

<b>Mês</b>	<b>Precipitação Mensal (mm)</b>	<b>Temperatura Média Mensal (°C)</b>	<b>Temperatura Máxima Absoluta (°C)</b>	<b>Temperatura Mínima Absoluta (°C)</b>	<b>Umidade Relativa Ar (%)</b>	<b>Radiação Global (KJ/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Jan</b>	265,6	25,8	35,6	20,3	74,0	1365,0
<b>Fev</b>	409,4	25,7	35,9	20,1	76,7	1347,4
<b>Mar</b>	322,8	25,7	34,9	20,7	77,8	1298,0
<b>Abr</b>	181,6	26,1	34,1	20,6	77,2	1174,5
<b>Mai</b>	11,6	26,2	34,2	21,9	76,2	1066,1
<b>Jun</b>	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
<b>Jul</b>	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
<b>Ago</b>	0,0	27,2	38,8	11,6	42,0	1513,3
<b>Set</b>	34,8	29,2	40,3	19,3	45,7	1402,6
<b>Out</b>	191,2	26,7	37,1	20,3	67,7	1429,4
<b>Nov</b>	268,4	26,1	35,2	20,5	74,0	1453,2
<b>Dez</b>	442,4	25,7	34,7	20,4	77,6	1379,9
<b>Síntese 2019</b>	2127,8	26,4	40,3	11,6	68,9	1342,9
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

**Anexo 1 - Quadro 16 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Sorriso - MT para o ano de 2020 (INMET, 2021)**

Mês	Precipitação Mensal (mm)	Temperatura Média Mensal (°C)	Temperatura Máxima Absoluta (°C)	Temperatura Mínima Absoluta (°C)	Umidade Relativa Ar (%)	Radiação Global (KJ/m <sup>2</sup> )
Jan	201,0	26,0	36,1	21,6	76,9	1274,2
Fev	211,0	26,0	36,2	21,4	76,8	1230,5
Mar	133,4	26,0	34,0	21,3	77,7	1294,8
Abr	208,8	26,0	34,7	20,6	75,2	1261,0
Mai	35,2	24,8	33,1	14,8	67,9	1371,3
Jun	0,0	25,9	34,5	17,0	56,8	1448,0
Jul	0,0	26,0	34,9	16,3	47,1	1506,1
Ago	0,0	27,1	39,0	11,0	41,2	1608,4
Set	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Out	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Nov	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Dez	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
<b>Síntese 2020</b>	789,4	26,0	39,0	11,0	64,9	1374,3
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

Mês	Precipitação Mensal (mm)	Temperatura Média Mensal (°C)	Temperatura Máxima Absoluta (°C)
Jan	468,6	24,7	32,4
Fev	411,0	24,6	33,1
Mar	309,8	25,9	34,4
Abr	98,2	25,6	33,8
Mai	71,2	24,7	33,7

Jun	0,0	24,1	33,3
Jul	30,0	24,2	33,9
Ago	0,2	25,8	39,8
Set	26,0	26,8	37,7
Out	102,2	26,3	36,0
Nov	s/d	25,8	35,0
Dez	s/d	25,2	34,4
<b>Sintese 2004</b>	1517,2	25,3	39,8
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>

**Anexo 2 - Quadro 1 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Manacapuru- AM para o ano de 2008 (INMET, 2021)**

Mês	Precipitação Mensal (mm)	Temperatura Média Mensal (°C)	Temperatura Máxima Absoluta (°C)	Temperatura Mínima Absoluta (°C)	Umidade Relativa Ar (%)	Radiação Global (KJ/m <sup>2</sup> )
Abr	448,4	26,3	32,3	22,1	81,3	1266,4
Mai	292,4	26,0	33,1	22,3	82,1	1144,1
Jun	135,8	26,4	33,1	21,3	78,7	1350,9
Jul	61,6	27,4	33,9	22,2	72,4	1606,2
Ago	56,4	27,9	35,7	20,7	71,3	1579,9
Set	64,6	27,5	35,8	20,9	73,8	1537,4
Out	192,4	27,0	35,9	22,2	76,7	1317,1
Nov	269,0	27,0	35,5	22,1	78,2	1339,1
Dez	166,2	26,6	33,4	21,8	79,1	1288,8
<b>Sintese 2020</b>	1686,8	26,9	35,9	20,7	77,1	1381,1
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

**Anexo 2 - Quadro 2 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Manacapuru- AM para o ano de 2009 (INMET, 2021)**

Mês	Precipitação Mensal (mm)	Temperatura Média Mensal (°C)	Temperatura Máxima Absoluta (°C)	Temperatura Mínima Absoluta (°C)	Umidade Relativa Ar (%)	Radiação Global (KJ/m <sup>2</sup> )
-----	--------------------------	-------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	-------------------------	--------------------------------------

Jan	25,0	26,0	33,2	22,1	82,1	1075,2
Fev	14,0	26,0	32,7	22,0	81,4	1125,2
Mar	16,0	26,1	33,6	22,7	81,4	1157,5
Abr	0,8	26,7	33,7	23,0	80,2	1254,3
Mai	0,8	26,4	33,0	22,5	81,2	1155,9
Jun	0,2	26,5	32,9	21,8	80,0	1206,2
Jul	0,0	27,7	35,2	23,2	73,2	1496,6
Ago	0,6	28,9	35,7	21,9	67,7	1730,6
Set	89,0	29,3	37,0	21,8	64,8	1712,2
Out	81,2	29,0	37,0	23,0	67,2	1545,8
Nov	38,0	29,6	37,0	22,7	65,9	1508,7
Dez	152,8	26,8	36,3	22,2	79,2	1009,7
<b>Síntese 2020</b>	418,4	27,4	37,0	21,8	75,4	1331,5
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

**Anexo 2 - Quadro 3 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Manacapuru- AM para o ano de 2010 (INMET, 2021)**

Mês	Precipitação Mensal (mm)	Temperatura Média Mensal (°C)	Temperatura Máxima Absoluta (°C)	Temperatura Mínima Absoluta (°C)	Umidade Relativa Ar (%)	Radiação Global (KJ/m <sup>2</sup> )
Jan	13,6	27,0	33,9	22,8	78,8	1192,8
Fev	2,0	27,1	34,0	22,3	80,6	1094,8
Mar	1,4	27,9	36,0	22,6	76,4	1357,3
Abr	1,8	26,9	33,8	22,4	81,1	1210,5
Mai	1,0	27,4	34,4	22,9	78,4	1275,5
Jun	0,2	27,3	34,0	22,3	76,4	1451,1
Jul	0,0	27,0	34,6	20,6	74,2	1361,0
Ago	3,8	28,3	43,2	22,1	68,9	1469,7
Set	92,2	29,1	37,6	21,6	66,7	1602,6
Out	84,8	28,3	37,1	21,9	69,5	1531,9



<b>Nov</b>	212,0	27,4	35,6	21,5	75,0	1366,1
<b>Dez</b>	224,4	26,8	35,1	21,9	77,3	1291,3
<b>Síntese 2020</b>	637,2	27,5	43,2	20,6	75,3	1350,4
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

**Anexo 2 - Quadro 4 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Manacapuru- AM para o ano de 2011 (INMET, 2021)**

<b>Mês</b>	<b>Precipitação Mensal (mm)</b>	<b>Temperatura Média Mensal (°C)</b>	<b>Temperatura Máxima Absoluta (°C)</b>	<b>Temperatura Mínima Absoluta (°C)</b>	<b>Umidade Relativa Ar (%)</b>	<b>Radiação Global (KJ/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Jan</b>	241,6	26,1	33,4	21,6	79,0	1202,8
<b>Fev</b>	269,6	25,9	34,2	22,1	80,6	1179,1
<b>Mar</b>	327,4	26,0	33,6	21,7	79,7	1180,0
<b>Abr</b>	412,4	26,0	33,7	22,1	81,2	1262,6
<b>Mai</b>	186,2	26,8	33,8	22,5	78,8	1271,4
<b>Jun</b>	129,8	27,6	34,3	22,9	74,3	1529,2
<b>Jul</b>	47,0	27,7	34,4	22,4	71,3	1615,3
<b>Ago</b>	48,2	28,3	37,1	21,5	67,7	1689,9
<b>Set</b>	35,4	27,9	36,4	22,1	70,5	1551,6
<b>Out</b>	0,0	27,8	36,1	22,0	73,1	1407,9
<b>Nov</b>	130,0	27,4	35,0	22,0	75,3	1397,8
<b>Dez</b>	308,6	27,0	35,4	22,5	78,1	1266,5
<b>Síntese 2020</b>	2136,2	27,0	37,1	21,5	75,8	1379,5
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

**Anexo 2 - Quadro 5 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Manacapuru- AM para o ano de 2012 (INMET, 2021)**

<b>Mês</b>	<b>Precipitação Mensal</b>	<b>Temperatura Média Mensal</b>	<b>Temperatura Máxima</b>	<b>Temperatura Mínima Absoluta</b>	<b>Umidade Relativa Ar (%)</b>	<b>Radiação Global (KJ/m<sup>2</sup>)</b>
------------	----------------------------	---------------------------------	---------------------------	------------------------------------	--------------------------------	---

	(mm)	(°C)	Absoluta (°C)	(°C)		
Jan	548,2	25,9	32,7	22,0	81,6	1219,7
Fev	210,2	25,6	33,6	21,7	81,4	1130,0
Mar	280,6	26,1	32,9	22,1	80,3	1312,6
Abr	370,0	26,4	33,2	22,5	80,8	1278,7
Mai	114,2	26,9	32,8	21,7	78,5	1329,2
Jun	47,8	27,3	33,5	21,7	74,4	1476,2
Jul	94,6	27,0	35,0	21,7	74,5	1538,1
Ago	30,8	27,6	35,8	21,6	69,8	1524,9
Set	55,8	28,2	36,8	21,6	68,9	1549,2
Out	37,0	28,5	37,0	22,6	69,9	1494,2
Nov	180,6	28,1	37,7	22,3	72,7	1397,0
Dez	269,2	26,4	34,3	22,2	79,1	1213,0
<b>Síntese 2020</b>	2239,0	27,0	37,7	21,6	76,0	1371,9
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

**Anexo 2 - Quadro 6 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Manacapuru- AM para o ano de 2013 (INMET, 2021)**

Mês	Precipitação Mensal (mm)	Temperatura Média Mensal (°C)	Temperatura Máxima Absoluta (°C)	Temperatura Mínima Absoluta (°C)	Umidade Relativa Ar (%)	Radiação Global (KJ/m <sup>2</sup> )
Jan	273,4	26,9	34,4	22,5	78,7	1243,8
Fev	257,6	26,0	33,2	22,4	81,2	1221,3
Mar	319,6	26,4	33,5	22,0	81,0	1153,8
Abr	199,0	26,9	34,1	21,9	78,9	1338,6
Mai	194,4	26,8	34,2	22,2	79,1	1380,0
Jun	44,0	27,7	34,2	23,2	74,5	1510,6
Jul	193,2	26,7	34,3	21,0	75,0	1402,3
Ago	82,6	27,3	34,2	22,1	73,2	1492,1
Set	42,4	28,1	36,5	22,6	70,7	1586,3
Out	233,0	28,2	35,8	21,3	70,3	1577,6

<b>Nov</b>	424,8	26,6	34,0	21,0	78,4	1265,5
<b>Dez</b>	190,6	27,6	34,4	22,5	75,3	1392,3
<b>Síntese 2020</b>	2454,6	27,1	36,5	21,0	76,3	1380,3
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

**Anexo 2 - Quadro 7 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Manacapuru- AM para o ano de 2014 (INMET, 2021)**

<b>Mês</b>	<b>Precipitação Mensal (mm)</b>	<b>Temperatura Média Mensal (°C)</b>	<b>Temperatura Máxima Absoluta (°C)</b>	<b>Temperatura Mínima Absoluta (°C)</b>	<b>Umidade Relativa Ar (%)</b>	<b>Radiação Global (KJ/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Jan</b>	344,0	26,7	34,3	22,4	80,2	1223,6
<b>Fev</b>	187,2	26,0	32,8	22,7	83,2	1129,4
<b>Mar</b>	570,8	26,2	33,9	21,8	83,1	1120,6
<b>Abr</b>	298,6	26,6	33,9	21,8	82,4	1316,2
<b>Mai</b>	342,6	26,8	33,2	22,7	81,7	1227,9
<b>Jun</b>	133,0	27,2	33,6	21,9	79,1	1357,4
<b>Jul</b>	45,8	27,0	33,3	21,9	78,4	1435,6
<b>Ago</b>	71,8	27,8	35,3	20,7	73,2	1513,9
<b>Set</b>	52,4	28,7	37,1	22,5	70,1	1614,7
<b>Out</b>	242,2	27,1	36,0	19,6	78,5	1249,4
<b>Nov</b>	169,4	27,4	35,5	21,6	78,8	1245,7
<b>Dez</b>	47,2	27,1	35,4	22,3	80,0	1250,9
<b>Síntese 2020</b>	2505,0	27,0	37,1	19,6	79,1	1307,1
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

**Anexo 2 - Quadro 8 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Manacapuru- AM para o ano de 2015 (INMET, 2021)**

<b>Mês</b>	<b>Precipitação Mensal</b>	<b>Temperatura Média Mensal</b>	<b>Temperatura Máxima</b>	<b>Temperatura Mínima Absoluta</b>	<b>Umidade Relativa Ar (%)</b>	<b>Radiação Global (KJ/m<sup>2</sup>)</b>
------------	----------------------------	---------------------------------	---------------------------	------------------------------------	--------------------------------	---

	(mm)	(°C)	Absoluta (°C)	(°C)		
Jan	482,8	25,7	32,9	22,3	81,0	1107,6
Fev	116,4	27,1	35,0	21,7	76,4	1393,8
Mar	482,0	26,2	33,9	22,2	80,3	1200,3
Abr	211,0	26,8	33,7	22,9	79,0	1280,3
Mai	230,6	26,6	33,2	22,5	80,7	1213,5
Jun	115,8	27,2	33,8	21,6	76,5	1355,3
Jul	124,0	27,7	35,0	21,6	72,8	1552,8
Ago	33,8	28,9	36,1	22,7	66,9	1610,3
Set	46,6	30,1	37,7	21,9	60,0	1814,7
Out	37,0	29,7	38,5	23,4	64,2	1449,5
Nov	146,0	28,6	36,4	23,2	69,8	1346,3
Dez	178,8	27,9	35,5	22,6	74,4	1161,1
<b>Síntese 2020</b>	2204,8	27,7	38,5	21,6	73,5	1373,8
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

**Anexo 2 - Quadro 9 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Manacapuru- AM para o ano de 2016 (INMET, 2021)**

Mês	Precipitação Mensal (mm)	Temperatura Média Mensal (°C)	Temperatura Máxima Absoluta (°C)	Temperatura Mínima Absoluta (°C)	Umidade Relativa Ar (%)	Radiação Global (KJ/m <sup>2</sup> )
Jan	162,2	28,6	36,1	22,9	71,2	1349,8
Fev	224,0	27,4	34,7	22,9	77,0	1228,7
Mar	273,8	27,4	35,1	22,8	78,7	1243,8
Abr	268,2	27,1	34,6	22,4	79,4	1250,1
Mai	189,4	27,3	33,9	22,4	78,4	1293,9
Jun	84,0	27,5	34,1	22,2	74,5	1495,9
Jul	52,6	27,8	35,2	22,1	70,7	1541,5
Ago	83,6	28,4	36,4	21,9	67,9	1535,8
Set	96,2	27,6	35,9	21,9	73,6	1517,4
Out	139,0	28,3	37,2	22,3	70,5	1376,1

<b>Nov</b>	210,8	27,5	35,2	21,6	76,2	1211,0
<b>Dez</b>	521,4	25,8	34,4	22,0	82,8	903,0
<b>Síntese 2020</b>	2305,2	27,6	37,2	21,6	75,1	1328,9
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

**Anexo 2 - Quadro 10 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Manacapuru- AM para o ano de 2017 (INMET, 2021)**

<b>Mês</b>	<b>Precipitação Mensal (mm)</b>	<b>Temperatura Média Mensal (°C)</b>	<b>Temperatura Máxima Absoluta (°C)</b>	<b>Temperatura Mínima Absoluta (°C)</b>	<b>Umidade Relativa Ar (%)</b>	<b>Radiação Global (KJ/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Jan</b>	395,8	25,5	32,9	21,2	83,1	905,7
<b>Fev</b>	391,0	25,9	33,6	22,1	81,3	1027,3
<b>Mar</b>	301,0	26,4	34,0	22,3	80,2	1192,3
<b>Abr</b>	226,8	26,7	33,7	22,0	80,4	1294,5
<b>Mai</b>	0,0	27,6	34,1	22,9	76,7	1417,0
<b>Jun</b>	0,0	27,6	33,4	22,6	75,2	1411,9
<b>Jul</b>	31,4	27,6	34,9	22,0	69,0	1586,3
<b>Ago</b>	68,4	28,8	36,0	21,7	67,5	1635,3
<b>Set</b>	141,8	27,7	35,3	21,2	74,0	1377,6
<b>Out</b>	145,0	27,6	35,8	21,9	74,0	1348,8
<b>Nov</b>	201,0	27,7	34,8	22,8	75,6	1369,9
<b>Dez</b>	337,8	26,5	35,5	22,4	80,4	1043,1
<b>Síntese 2020</b>	2240,0	27,1	36,0	21,2	76,5	1300,8
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

**Anexo 2 - Quadro 11 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Manacapuru- AM para o ano de 2018 (INMET, 2021)**

<b>Mês</b>	<b>Precipitação Mensal</b>	<b>Temperatura Média Mensal</b>	<b>Temperatura Máxima</b>	<b>Temperatura Mínima Absoluta</b>	<b>Umidade Relativa Ar (%)</b>	<b>Radiação Global (KJ/m<sup>2</sup>)</b>
------------	----------------------------	---------------------------------	---------------------------	------------------------------------	--------------------------------	---

	(mm)	(°C)	Absoluta (°C)	(°C)		
Jan	149,4	26,3	33,9	21,9	78,9	1216,6
Fev	240,8	26,8	34,5	22,2	76,1	1250,3
Mar	328,0	26,7	34,3	22,2	79,0	1239,6
Abr	284,6	26,3	33,2	21,6	80,4	1225,4
Mai	162,6	26,5	33,2	22,6	79,9	1204,9
Jun	121,4	27,0	33,9	22,5	75,1	1372,7
Jul	48,0	27,4	35,0	23,2	72,3	1426,3
Ago	99,0	27,7	34,5	21,7	71,6	1578,6
Set	82,2	28,7	36,0	22,6	68,5	1602,1
Out	89,4	29,3	36,9	23,2	66,4	1509,1
Nov	132,0	27,9	36,4	22,9	74,5	1283,6
Dez	381,4	26,0	33,1	22,2	80,8	1075,9
<b>Síntese 2020</b>	2118,8	27,2	36,9	21,6	75,3	1332,1
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

**Anexo 2 - Quadro 12 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Manacapuru- AM para o ano de 2019 (INMET, 2021)**

Mês	Precipitação Mensal (mm)	Temperatura Média Mensal (°C)	Temperatura Máxima Absoluta (°C)	Temperatura Mínima Absoluta (°C)	Umidade Relativa Ar (%)	Radiação Global (KJ/m <sup>2</sup> )
Jan	397,0	26,2	34,3	21,9	80,8	1076,8
Fev	178,8	26,6	33,8	22,7	80,4	1085,0
Mar	5,0	29,0	34,2	24,5	68,8	1557,5
Abr	295,4	27,0	34,0	22,1	80,4	619,5
Mai	336,0	26,8	33,4	22,0	80,5	569,4
Jun	192,4	27,4	33,8	21,4	76,8	651,0
Jul	166,8	27,5	34,1	21,3	72,9	714,2
Ago	51,8	28,1	35,6	22,3	69,3	778,3
Set	93,2	28,6	36,9	22,9	69,7	781,3
Out	127,6	27,3	35,5	21,4	74,2	751,6

<b>Nov</b>	168,8	27,5	35,8	22,7	76,5	664,2
<b>Dez</b>	97,0	26,7	34,4	22,0	80,7	580,0
<b>Síntese 2020</b>	2109,8	27,4	36,9	21,3	75,9	819,1
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>

**Anexo 2 - Quadro 13 - Acumulado mensal - Informações da estação meteorológica automática de Manacapuru- AM para o ano de 2020 (INMET, 2021)**

<b>Mês</b>	<b>Precipitação Mensal (mm)</b>	<b>Temperatura Média Mensal (°C)</b>	<b>Temperatura Máxima Absoluta (°C)</b>	<b>Temperatura Mínima Absoluta (°C)</b>	<b>Umidade Relativa Ar (%)</b>	<b>Radiação Global (KJ/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Jan</b>	0,0	27,4	35,4	22,8	76,7	662,8
<b>Fev</b>	0,0	27,6	34,1	23,9	75,8	631,1
<b>Mar</b>	0,0	27,6	35,3	22,2	76,7	649,3
<b>Abr</b>	0,0	26,8	33,9	22,8	80,4	599,9
<b>Mai</b>	0,0	26,9	33,4	23,1	80,3	604,1
<b>Jun</b>	0,0	27,2	33,7	22,3	77,6	645,5
<b>Jul</b>	0,0	27,1	33,6	22,3	77,7	589,8
<b>Ago</b>	0,0	28,3	29,7	27,2	68,5	0,0
<b>Set</b>	0,0	26,9	30,3	24,4	76,7	#DIV/0!
<b>Out</b>	0,0	25,7	26,3	24,3	7,0	#DIV/0!
<b>Síntese 2020</b>	0,0	27,1	35,4	22,2	69,7	547,8
	<b>Soma Chuva</b>	<b>Média Temp.</b>	<b>Maior Temp.</b>	<b>Menor Temp.</b>	<b>Media Umidade</b>	<b>Média Radiação</b>