

Trabalho de Formatura

Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

**CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E SUSCEPTIBILIDADE À DEGRADAÇÃO DAS
PEQUENAS ÁREAS ÚMIDAS (SP)**

Rafael Moraes Rizzieri

Prof(a).Dr(a) Vânia Silvia Rosolen

Rio Claro (SP)

2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

RAFAEL MORAES RIZZIERI

CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E SUSCEPTIBILIDADE À
DEGRADAÇÃO DAS PEQUENAS ÁREAS ÚMIDAS (SP)

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto de
Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio
Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, para obtenção de grau de Engenheiro
Ambiental.

Rio Claro - SP

2023

R627c	Rizzieri, Rafael Moraes Caracterização climática e susceptibilidade à degradação das pequenas áreas úmidas (SP) / Rafael Moraes Rizzieri. -- Rio Claro, 2023 43 p. : il., tabs. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro Orientadora: Vânia Silvia Rosolen 1. Áreas Úmidas. 2. Balanço hídrico. 3. Impacto Ambiental. I. Título.
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

RAFAEL MORAES RIZZIERI

CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E SUSCEPTIBILIDADE À
DEGRADAÇÃO DAS PEQUENAS ÁREAS ÚMIDAS (SP)

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto de
Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio
Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, para obtenção do grau de Engenheiro
Ambiental.

Comissão Examinadora

Prof^a, Dr^a. Vânia Silvia Rosolen (orientadora)

Msc. Deise Aparecida Junqueira

Msc. Francielli Maria Vieira de Carvalho

Rio Claro, 7 de dezembro de 2023.



Assinatura do aluno



Assinatura da orientadora

Resumo

As áreas úmidas são ecossistemas de áreas alagadas que possuem o solo encharcado permanentemente ou periodicamente. Podem apresentar diversos tamanhos, além de serem provenientes de águas doces ou salgadas. São encontrados por todo o território brasileiro e são bastante importantes para a regulação do clima e do ciclo hidrológico, e também produzem diversos serviços ambientais. Grande parte das áreas úmidas está sendo degradada devido a atividades antrópicas, e no Brasil não há uma legislação específica para a proteção das áreas úmidas. As consequências da degradação das áreas úmidas podem acarretar as secas das mesmas, que podem ser causadas pela alteração do regime hídrico, aquecimento global ou consumo excessivo de água, por isso, foram analisados o histórico das precipitações de 4 municípios que possuem as áreas úmidas: Analândia, Ipeúna, Rio Claro e Santa Gertrudes, e também foram calculados a evapotranspiração potencial e balanço hídrico dessas localidades. Por fim, foram discutidas as maiores causas da degradação das áreas úmidas, da contínua expansão agrícola, e as consequências dessas degradações.

Palavras-chave: Impacto Ambiental. Balanço hídrico. Área Úmida. Regime Hidrológico.

Abstract

Wetlands are wetland ecosystems that have permanently or periodically waterlogged soil. They can come in different sizes, in addition to coming from fresh or salt waters. They are found throughout the Brazilian territory and are very important for regulating the climate and the hydrological cycle, and also produce several environmental services. A large part of wetlands is being degraded due to human activities, and in Brazil there is no specific legislation for the protection of wetlands. The consequences of the degradation of humid areas can lead to droughts, which can be caused by changes in the water regime, global warming or excessive water consumption. Therefore, the rainfall history of 4 municipalities that have humid areas was analyzed: Analândia, Ipeúna, Rio Claro and Santa Gertrudes, and the potential evapotranspiration and water balance of these locations were also calculated. Finally, the main causes of the degradation of wetlands, the continuous agricultural expansion, and the consequences of these degradations were discussed.

Keywords: Environmental Impact. Hydric balance. Wetland . Hydrological Regime.

Sumário

1. Introdução	7
1.1 Definição e Características das Áreas Úmidas.....	7
1.2 Importância Ambiental e Social.....	8
1.3 Áreas Úmidas como Zonas de recarga e Descarga.....	8
1.4 Áreas Úmidas como importantes ambientes para Estoque de Carbono do Solo.....	9
1.5 Impactos Ambientais e a degradação das Áreas Úmidas.....	10
1.6 Biodiversidade nas Áreas Úmidas.....	13
1.7 Outros mecanismos de recuperação de áreas degradadas.....	14
1.8 impacto das variações climáticas.....	15
1.9 Manejo das áreas úmidas.....	17
2. Objetivos.....	18
3. Materiais e Métodos.....	18
3.1 Cálculo de Evapotranspiração e Balanço Hídrico.....	18
3.2 Inferência Estatística.....	19
4. Resultados e Discussão.....	20
4.1 Precipitações.....	20
4.1.1 Precipitação no município de Rio Claro.....	20
4.1.2 Precipitação no município de Ipeúna.....	22
4.1.3 Precipitação no município de Santa Gertrudes.....	23
4.1.4 Precipitação no município de Analândia.....	24
4.2 - Evapotranspiração.....	25
4.3 Balanço Hídrico.....	28
4.4 Estatística dos dados.....	32
5. Discussão.....	34
6. Conclusão.....	35
7. Referências Bibliográficas.....	36

1. Introdução

1.1 Definição e Características das Áreas Úmidas

As áreas úmidas são ecossistemas localizados nas zonas continentais e costeiras, naturais ou artificiais, podem possuir água doce ou salgada, inundar permanentemente ou temporariamente, na interface entre ambientes terrestres e aquáticos com presença de solos hidromórficos e de plantas aquáticas, e por conta de suas características relacionadas a saturação do solo, abrigam espécies endêmicas de fauna e flora adaptadas a tais condições tão específicas (FAILACHE e ZUQUETTE, 2015).

Segundo Cunha et al. (2015), áreas úmidas são ecossistemas localizados na conexão entre ambientes distintos que, de maneira permanente ou perene, inundam-se por águas rasas ou com solos encharcados e possuem comunidades de fauna e flora adaptados à dinâmica hídrica do local. Essas áreas podem ser isoladas, ou seja, sem interligação direta com outros corpos hídricos na escala local ou interligadas superficialmente com os corpos hídricos da bacia.

No Brasil, as áreas úmidas ocorrem em todos os biomas, cobrem centenas de milhares de quilômetros quadrados, e podem ser enquadradas nas seguintes categorias: áreas alagáveis ao longo de grandes rios de diferentes qualidades de água, áreas alagadas nos interflúvios (campos, campinas) e áreas úmidas no estuário (mangues). Todas essas áreas devem receber tratamentos específicos conforme a lei, para que se tenha o uso adequado e a preservação desses recursos (JUNK et al., 2014). Segundo os autores, aproximadamente 20% do território brasileiro é coberto por áreas úmidas, e que estão sendo perdidas devido à expansão das atividades humanas que invadem essas áreas.

Devido às mudanças climáticas e a má gestão dos recursos hídricos, o Estado de São Paulo tem atravessado crises hídricas que comprometem o acesso igualitário e justo da água. Com as crises hídricas traduzidas pela falta de chuvas durante longo período ou a alta temperatura, as áreas úmidas são também afetadas devido ao aumento da evapotranspiração e elevado consumo de água na agricultura (CUNHA et al., 2015).

As alterações do regime climático associadas com o uso intensivo da terra contribuem para diminuir a vazão e o volume de água dos reservatórios naturais, incluindo as áreas úmidas naturais. Este processo ocorre porque quando o solo agrícola fica desprovido de uma camada de vegetação de cobertura, a capacidade de retenção da água diminui e aumenta a erosão hídrica. A conservação e o uso sustentável foram estabelecidas em 1971 pela Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional, mais conhecida com Convenção de Ramsar incorporada no Brasil pelo Decreto nº 1.905/96, que a promulga e estabelece critérios e ações em relação às

Áreas Úmidas e aparecem na legislação brasileira no Código Florestal, Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012).

1.2 Importância ambiental e social

As áreas úmidas fornecem serviços ecossistêmicos e sociais fundamentais como estoque de água, recarga de aquíferos subterrâneos, regulação do regime hídrico na bacia hidrográfica, regulação de microclima, recreação e ecoturismo, armazenamento de carbono orgânico, elevada e endêmica biodiversidade, são amortecedores no controle de grandes inundações, auxiliam na purificação da água. Por isso essas áreas são econômica, cultural e ambientalmente importantes (JUNK et al., 2014).

Os serviços ambientais são funcionamentos internos dos ecossistemas que beneficiam os seres humanos a partir de seus processos e suas propriedades. Os serviços podem ser bens e serviços, sendo que bens podem ser produtos, que são utilizados para o consumo ou para serem comercializados. Estima-se que as áreas úmidas contribuem com 40% de serviços ambientais no mundo. Os serviços ambientais podem ser classificados quanto à função, organização ou aspectos descritivos. Alguns exemplos de serviços ambientais de áreas úmidas são: a regulação, que pode ser regulação do clima, da erosão, do ciclo hidrológico; o suporte, constituído de refúgios e locais de reprodução para animais; a produção, que envolve recursos naturais, como madeira, alimentos, água doce; e informação, que envolve esses locais para a saúde humana para recreação, atividades educativas, reflexão, entre outros (MORAES, 2011).

Para que a proteção dessas áreas seja efetivas, é necessário pesquisas científicas que forneçam informações cada vez mais detalhadas sobre a biodiversidade e a hidrologia, por exemplo. Adicionalmente, a preservação dessas áreas pode gerar um benefício relevante para as populações humanas tradicionais, que se beneficiam com a pesca, agricultura de subsistência, produtos madeireiros e não-madeireiros e, em áreas abertas savânicas, a pecuária extensiva (JUNK et al. 2014).

1.3 Áreas Úmidas como zonas de recarga e descarga

As áreas úmidas podem assumir comportamentos distintos ao longo do ano, ou ao longo de anos, ou seja, elas podem ser uma zona de recarga em determinados períodos, e em outros podem ser zona de descarga, ou por mudanças na configuração (regime pluviométrico, uso e ocupação do solo, etc.) local/regional essas áreas são sensíveis e respondem de maneira rápida as transformações da dinâmica e equilíbrio ecológico (LENKO, 2020).

As zonas de recargas são áreas que quando ocorre uma grande quantidade de chuvas, o solo fica saturado devido a menor evapotranspiração, e através de fluxo vertical, ocorre a recarga dos aquíferos. Durante a época de estiagem, as zonas se tornam descargas, nos quais os rios, ou os aquíferos rasos abastecem as áreas úmidas (COLLISCHONN, 2013).

Existem dois tipos de recarga, a difusa que é a recarga dos aquíferos pelas águas pluviais, distribuídas geralmente, em grandes áreas, e são infiltradas no solo até o nível da água subterrânea; e a recarga focada que ocorre pelas águas superficiais, como rios, lagos, reservatórios, que recarregam os aquíferos (LENKO, 2020).

A topografia do terreno pode influenciar bastante nas recargas, tanto na difusa quanto na focada, porque quando o terreno é muito declivoso, existe maior chance de a água escoar do que infiltrar no solo, e em terrenos mais planos, há maior chance que as águas infiltram do que escoam, porém em relação às áreas úmidas, elas geralmente são encontradas em terrenos mais planos (LENKO, 2020).

1.4 Áreas Úmidas como importantes ambientes para Estoque de Carbono do Solo

Os ecossistemas de áreas úmidas têm a principal característica de ter um substrato periodicamente inundado, que faz com que o lugar tenha condições anaeróbicas, que inibem o crescimento das espécies arbóreas e arbustivas e dificulta a decomposição aeróbia da matéria orgânica que se acumula no solo. Em um solo anaeróbico, a quantidade de carbono orgânico tende a ser maior do que em um solo aeróbio, visto que a decomposição de vários tipos de compostos orgânicos é limitada pelo ambiente reduzido (OLK e SENESI, 2000).

Dentre os diferentes valores funcionais, das áreas úmidas, essas são consideradas importantes estocadoras de carbono (IPCC, 2001) o que as coloca entre os mais importantes ecossistemas naturais do planeta.

O sequestro e emissão de carbono pelas áreas úmidas é bastante complexo e varia em relação ao tempo e aos diferentes tipos e podem afetar o ciclo do carbono de quatro maneiras (MITRA et al., 2005):

- (1) podem liberar carbono se houver diminuição da água ou se as práticas agrícolas resultarem em uma oxidação do solo;
- (2) podem sequestrar carbono da atmosfera através de fotossíntese das plantas e o acúmulo de carbono no solo;
- (3) são agentes indiretos no transporte de carbono entre os ecossistemas;
- (4) Os solos das áreas úmidas liberam gás metano, geralmente liberado pela atmosfera.

O estoque de carbono pelas áreas úmidas é importante, pois os sedimentos ricos em carbono vindo das bacias hidrográficas, em vez de serem liberados na atmosfera, são armazenados pelas áreas úmidas, ou seja, retém o principal causador do aquecimento global. Porém em certas ocasiões, as áreas úmidas liberam gás carbônico e gás metano, mas há maior estoque do que liberação de carbono (MITRA et al., 2005).

Os ecossistemas terrestres que correspondem a vegetação e o solo, são grandes sumidouros de carbono. O maior compartimento de carbono na Terra está localizado nos oceanos, seguido de formações geológicas. Os quatro principais reservatórios de carbono da Terra são: oceanos, atmosfera, formações geológicas que contenham fósseis e minerais e ecossistemas terrestres. Os principais mecanismos de sequestro de carbono são: humificação, agregação e sedimentação, e os processos responsáveis pela perda de carbono são a erosão, decomposição, volatilização e lixiviação (FRANÇA, 2011).

O processo de humificação é quando restos de matéria orgânica se transformam em húmus, que são materiais de origem vegetal ou animal que sofreu algum tipo de degradação biológica, e que são resistentes a novas degradações por microrganismos, por isso ficam na camada superior do solo, que possui bastante nutrientes. A agregação do solo é a união das partículas de areia, silte e argila por meio de hifas de fungos ou pelas raízes de árvores. A sedimentação é o acúmulo de materiais resultantes da decomposição (FRANÇA, 2011).

1.5 Impactos ambientais e a degradação das Áreas Úmidas

Em muitas regiões do Brasil, por influência de políticas e planejadores urbanos, muitas áreas úmidas estão em constante e crescente pressão antrópica. Nas regiões de agroindústrias, essas áreas são destruídas para serem convertidas em terras de cultivo, e também há problemas quanto à lixiviação por fertilizantes e pesticidas, assim como efluentes não tratados que contaminam rios, lençóis freáticos e consequentemente as áreas úmidas (JUNK et al, 2014).

O documento Ramsar, que integra práticas conservacionistas das *wetlands* no manejo de bacias hidrográficas, descreve as várias atividades antrópicas que degradam as áreas úmidas. O aumento da produção de sedimentos e carreamento da concentração de nutrientes, assim como a drenagem desses ambientes, reduz o volume de água armazenado. Atividades industriais podem prejudicar as áreas úmidas por meio da liberação de substâncias tóxicas e de vazamentos acidentais.

As zonas que circundam as áreas úmidas quando são transformadas em áreas de cultivo, podem contribuir para a sua degradação a curto e a longo prazo, pois o solo arado, é mais

passível de sofrer erosão, que contribui para o assoreamento da região úmida, além de diminuição do nível da água causado pela supressão da vegetação em volta do local da área úmida, pois sem a cobertura vegetal há maior chance de grande quantidade de água evaporar para a atmosfera (JUNK et al., 2014).

Os impactos ambientais de áreas úmidas podem ser associados ao uso intensivo do solo, uso intensivo de agroquímicos, desmatamento, fragmentação de habitats, drenagem para a agricultura, assentamento para o desenvolvimento humano, e todos estes fatores que impactam diretamente ou indiretamente na qualidade das áreas úmidas, são de ações antrópicas, além do crescimento populacional e econômico que influenciam diretamente na degradação dessas áreas úmidas (JUNK et al., 2014; MORAES, 2011).

Existem impactos associados à fauna, devido à modificação do ambiente, várias espécies são afetadas, como pássaros, insetos, anfíbios, que utilizam a área úmida para o consumo de água, além de existir também espécies que somente habitam essas áreas. Em relação à flora, há muitas espécies dependentes de áreas úmidas, pois dependem de temperatura, pH, e fornecimento de matérias orgânicas que somente essas áreas possam fornecê-las, com a supressão da vegetação, todas essas características são alteradas, fazendo com que tais espécies deixam de existir (MORAES, 2011).

As pequenas áreas úmidas são consideradas *hotspots* de diversidade e contribuem para a preservação da população de espécies raras, endêmicas e pela substituição do fluxo de espécies entre diferentes áreas interligadas (BOZELLI, 2018). É difícil saber a quantidade exata de áreas úmidas pequenas degradadas, devido à complexidade de designação das áreas úmidas em uma busca bibliográfica.

O desmatamento pode acarretar diversos impactos ambientais para as áreas úmidas, como a erosão do solo, assoreamento dos locais úmidos, maior evaporação de água, além disso, o desmatamento desvaloriza as terras em produção no Brasil, pois estima-se que 93,5% dos municípios brasileiros sofreram desvalorização das terras devido ao desmatamento. O desmatamento tanto legal quanto ilegal aumenta a oferta de terras, e quanto maior a oferta de terras, menor será o preço das áreas, deixando impactos para a sociedade (MORAES, 2011).

Há problemas também em relação ao tamanho das áreas úmidas, pois muitos dos estudos envolvendo mudanças climáticas encontram-se em áreas úmidas de médio e grande porte ou não especifica claramente seu tamanho. No entanto são áreas úmidas de pequeno porte que ficam mais suscetíveis às mudanças climáticas, justamente pelo seu tamanho pequeno, e as mudanças climáticas aumentam a duração da estação seca e diminuem a estação chuvosa,

fazendo com que áreas úmidas pequenas e temporárias desapareçam. Além disso, os organismos aquáticos, com a diminuição da fase aquática, podem possuir menos tempo para a reprodução (BOZELLI, 2018).

Estima-se que toda a extensão de áreas úmidas no planeta tenha sido reduzida em mais de 50%. Até 1985 estimativa de 55 a 65% das áreas úmidas foram drenadas para produção agrícola na Europa e América do Norte; nas regiões tropicais e subtropicais, foram modificadas 27% na Ásia, 6% na América do Sul e 2% na África (GABRAITH et al., 2005).

O impacto da expansão de áreas urbanas se dá pela redução da quantidade e extensão das áreas úmidas e pelos danos associados à infraestrutura como estradas, portos, fornecimento de água e controle da inundação. Dimitriou e Zacarias (2010) relatam que a expansão de áreas urbanas ocasiona a aceleração do escoamento, aumenta o potencial de inundação e também a poluição da água, principalmente onde não há estação de tratamento de esgoto (MORAES, 2011).

Outro problema na degradação de áreas úmidas é o pastoreio, em um experimento realizado mostra que a pastagem nas áreas úmidas alterou a hidrologia do local, e os níveis de carbono orgânico, nitrogênio total e potássio no solo diminuíram, porém os níveis de compostos fosfatados, além de cálcio, ferro, manganês, magnésio e pH aumentaram (MORAES, 2011).

O pastoreio pode promover o empobrecimento dos fragmentos florestais em áreas úmidas quando o gado as utiliza para refúgio e caminhamento, e pode provocar o aumento da incidência de erosão do solo e assoreamento dos mananciais, principalmente onde não são aplicadas técnicas de manejo do solo e ocorre desrespeito aos limites das Áreas de Preservação Permanente (APPs) (MORAES, 2011).

Os agrotóxicos são bastante utilizados no Brasil, principalmente em cultivos de soja, milho, e feijão, quando são aplicados nos cultivos, eles podem ser levados para os corpos hídricos, fazendo com que as substâncias destinadas a eliminar plantas ou organismos vivos, sejam destinadas a contaminar e até matar os organismos aquáticos. A contaminação de agrotóxicos nas atividades agrícolas é de fonte difusa, ou seja, é difícil sua identificação, controle e monitoramento (BERTI et al., 2009).

Os impactos causados pelos agrotóxicos são de grande magnitude, pois já houve pesquisas em que lugares mais distantes do planeta, como as regiões polares, foram encontradas concentrações de DDT nos tecidos adiposos de leões-marinhos (BERTI et al., 2009).

Os agrotóxicos podem também afetar outros organismos que dependem das áreas úmidas, se houver contaminação pode haver a bioacumulação, que é a acumulação de

substâncias nos tecidos dos organismos e também a biomagnificação que é o aumento da concentração das substâncias nos organismos conforme passa de um nível trófico para outro na teia alimentar (IRIGARAY, 2015).

O efeito dos agrotóxicos em áreas úmidas é preocupante pois mesmo em concentrações baixas, é bastante difícil de diagnosticá-los a curto e médio prazo, e pode originar alterações imperceptíveis a longo prazo, como por exemplo a diminuição do sucesso reprodutivo de espécies animais e vegetais. Pode trazer consequências econômicas, sociais e ambientais, se por exemplo afetar a época de pesca em determinada região hídrica (IRIGARAY, 2015).

Em relação aos óleos e graxas, que podem ser encontrados em despejos industriais, despejos de esgotos, podendo ser de origem animal ou vegetal, e geralmente são hidrocarbonetos ou gorduras. A presença de óleos e graxas nas águas diminui a concentração de oxigênio, pois elas formam uma barreira impedindo o oxigênio de circular para a atmosfera, isso pode causar asfixia aos peixes e outros organismos aquáticos e impedir processo de fotossíntese pelas plantas aquáticas, ocorrendo a eutrofização das áreas úmidas (IRIGARAY, 2015).

Os organismos mais afetados por óleos e graxas são dos níveis tróficos mais altos devido o efeito da bioacumulação e biomagnificação. Isso prejudica a teia alimentar que acaba afetando outros organismos, podendo até mesmo ocorrer a extinção de espécies que dependem diretamente ou indiretamente das áreas úmidas. Até mesmo os humanos, que podem fazer parte da cadeia alimentar dependente das áreas úmidas (IRIGARAY, 2015).

Os óleos podem permanecer na água por bastante tempo, pois são difíceis de serem degradados, mas existem espécies de microrganismos que podem degradar óleos minerais, como a *Bacillus subtilis* (FILHO, 2011).

1.6 Biodiversidade nas Áreas Úmidas

Nas áreas úmidas, muitas espécies de plantas aquáticas são encontradas, como por exemplo, as macrófitas, que são mais encontradas em lugares providas de luz solar. Por isso há menos espécies de macrófitas na Amazônia, pois as águas são mais escuras devido a densa matéria orgânica que impedem a presença de luz solar no fundo das áreas úmidas. (JUNK et al., 2014).

Há destacada presença de anfíbios, como os anuros, que dependem da vida aquática pois sua oviposição e desenvolvimento dos filhotes se dá sob as águas. Os anuros em climas sazonais só se reproduzem em tempos mais favoráveis de chuva e calor. Esses animais são mais

suscetíveis às condições ambientais, se houver uma brusca variação de temperatura, ou estações mais secas, com pouca chuva, a espécie pode migrar para outras regiões ou mesmo desaparecer (MACHADO, 2011).

Um método para avaliar os impactos ambientais nas áreas úmidas é verificar a presença de bioindicadores, que são a presença de seres vivos utilizados para a avaliação da qualidade ambiental de um determinado lugar. Um exemplo de bioindicadores que podem ser usados são os peixes, porque eles praticamente vivem em todas as superfícies aquáticas e são mais fáceis de serem identificadas (VIEIRA, 2016).

É importante a caracterização biológica das áreas úmidas, pois além de avaliar melhor os impactos ambientais quando se tem atividades antrópicas próximas a região, é possível também analisar as espécies mais ameaçadas de extinção. A avaliação das comunidades biológicas pode ser a única forma mais acessível de avaliar os impactos mais difíceis de se medir, como a degradação de habitat e impactos de fontes difusas (VIEIRA, 2016).

1.7 Outros mecanismos de recuperação de áreas degradadas

A recuperação de áreas úmidas degradadas pode ser feita através de restauração, ou seja, tornar o local mais próximo de suas condições originais antes da intervenção humana. Em um experimento realizado em Mineiros do Tietê, SP, foram avaliadas quatro formas de restauração: a primeira é o plantio de mudas rustificadas no viveiro, método em que as mudas são colocadas em um tanque com água para acostumarem com a saturação hídrica do lugar (MARCONATO, 2010).

A intervenção técnica correta para recuperação é baseada no potencial do ecossistema em ser recuperado, para que se ajude nos processos naturais. Para programas de recuperação de áreas degradadas devem ser realizadas buscando a implantação de padrões semelhantes com a sucessão ecológica, que é um processo gradual e progressivo de mudanças na comunidade até chegar a um clímax.

A segunda forma é o plantio de mudas em montículos, que é um método que as covas são preenchidas com solo fazendo com que o nível das mudas fique acima do nível do solo, formando os montículos, para depois essas plantas serem colocadas. A terceira forma é o plantio convencional, no qual as mudas são plantadas no mesmo nível do solo e a quarta forma é o plantio em época seca em solos saturados hidricamente. O método de plantio em montículos produziu melhores resultados, pois houve menor taxa de mortalidade das mudas (MARCONATO, 2010).

Outra boa forma de restauração é a desfragmentação florestal, que é um processo de formação de corredores ecológicos, que são, segundo o SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação) pela lei nº 9985/2000, porções de ecossistemas naturais ou seminaturais, ligando unidades de conservação, facilitando a dispersão de espécies e recolonização de áreas degradadas, garantindo a manutenção da população das espécies nativas (SEOANE, 2007).

É possível uma remediação de áreas úmidas contaminadas através do método de fitorremediação, no qual é utilizado planta para diminuir concentrações de contaminantes nas águas. Por exemplo, no Rio Grande do Sul foram utilizadas 3 espécies de briófitas de áreas úmidas para fitorremediação: *Ricciocarpos natans* (L.) Corda, *Sphagnum perichaetiale* Hampe, e *Bryum muehlenbeckii* Bruch & Schimp. O resultado foi que as 3 espécies apresentaram potencial uso para fitorremediação de áreas úmidas contaminadas (TORRES, 2018).

Outro exemplo a ser destacado é a utilização da macrófita *Typha domingensis* em áreas úmidas artificiais com fluxo subsuperficial para fitorremediação do nitrogênio e mercúrio na água. Em um estudo, foi feita a remediação nas águas residuárias de piscicultura contaminadas com mercúrio (GOMES, 2013).

A restauração de áreas úmidas, definida por reabilitação de áreas úmidas degradadas, segue um objetivo pré-estabelecido através de medidas ecológicas. Essa forma é uma das mais eficazes para mitigar os efeitos da degradação sobre essas áreas. As metas pré definidas geralmente incluem a restauração de uma área, retornando suas características e funções originais, que geralmente através de abordagens ecológicas, que podem incluir a mistura de plantio aquático flutuante, macrófitas e vegetações terrestres, que vão absorver poluentes e aumentar o habitat natural (GUO et al., 2011; SUN et al., 2015)

As áreas úmidas podem contribuir para a valorização do território, quando há uma boa manutenção. Na China houveram projetos de restauração de áreas úmidas, onde após a implementação da restauração, houve aumento nos valores dos imóveis ao redor destas áreas (SUN et al., 2015).

1.8 O impacto das variações climáticas

Segundo a classificação de Köppen, o estado de São Paulo tem seu clima classificado como Cwa, também chamado de subtropical úmido, possui uma estação de inverno frio e seco e o verão quente e úmido. Analisando as precipitações médias anuais de Rio Claro, Santa Gertrudes, Ipeúna e Analândia, é possível verificar que os meses mais chuvosos correspondem

à estação do verão, enquanto que os meses de menor precipitação são os de inverno (MARENGO et al, 2015).

No ano de 2014, o estado de São Paulo teve uma grande crise hídrica, pois houve registros de chuva bem abaixo da média, causando diminuição nos reservatórios de água, secas de nascentes, diminuição da vazão dos rios e racionamento de água em muitas cidades. Devido ao fenômeno El Niño, que é o aquecimento das águas do oceano Pacífico, que causa distúrbios dos climas, como no sudeste houve secas mais intensas e aumento de temperatura média do ar (MARENGO et al., 2015).

No estado de São Paulo, seu clima é bastante relacionado com os fenômenos El Niño, La Niña e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), e esses fenômenos podem ficar mais frequentes com o aquecimento global, ocorrendo então, maiores secas na região (Ferreira, 2017).

Observa-se que quando há o fenômeno El Niño atuando sobre as águas do Pacífico, na região Sudeste pode se destacar o aumento da temperatura média do ar, o que pode causar um aumento da evapotranspiração, ou seja, mais água evaporando e indo para outro lugar, ocasionando secas mais graves e crise hídrica na região (FERREIRA, 2017).

As reduções de volume de chuva afetaram as vazões de várias bacias hidrográficas, seus volumes ficaram abaixo da média histórica. No setor econômico, estudos apontam que cerca de 60 mil indústrias foram afetadas pela crise hídrica, e na indústria alimentícia, os produtos como alface e tomate apresentaram alta de 30% nos valores, devido ao aumento dos custos pela falta de água e aumento na energia elétrica (MARENGO et al, 2015).

O aquecimento global é um fenômeno climático, que aumenta a temperatura média da superfície global, causada tanto por fatores internos, que são os fatores naturais, sistemas caóticos, como a variação da atividade solar, a composição físico-química da atmosfera, o tectonismo e o vulcanismo, quanto por fatores externos, que são as atividades humanas relacionadas à emissão de gases do efeito-estufa, por queima de combustíveis fósseis, queimadas, indústrias, refinarias, etc. (SILVA, 2009).

Os gases de efeito-estufa são: o vapor de água, o gás carbônico (CO₂), metano (CH₄), ozônio (O₃) e óxido nitroso (N₂O), que absorvem a radiação infravermelha emitida pela superfície da Terra, e irradiam de volta para a superfície, uma parte desta energia. Por fim, a superfície absorve o dobro de energia emitida por esses gases, do que a própria radiação do sol, aumentando a temperatura do ar para cerca de 30°C, sem esse efeito-estufa, não existiria a vida no planeta Terra (SILVA, 2009).

Boa parte dos gases de efeito estufa emitidos nos últimos 50 anos, foram de atividades antropogênicas, que causaram aumento do aquecimento global. Em um período de 100 anos houve um aumento médio da temperatura global dos continentes de 0,85° C, da temperatura global dos oceanos de 0,55°C e da temperatura global da Terra de 0,7 °C (IPCC, 2007).

Projeções em modelos matemáticos revelam que as temperaturas médias globais provavelmente aumentarão entre 1,1 e 6,4°C, e o nível médio das águas do mar podem subir de 9 a 88 cm entre 1990 e 2100, que pode trazer consequências socioambientais e econômicas, como a submersão de ilhas planas, portos e terrenos agrícolas, salinização de águas subterrâneas, mudanças climáticas, secas extremas, além do aumento de amplitude de El Niño. (IPCC, 2007).

Segundo o IPCC, as áreas tropicais úmidas podem diminuir entre 10 e 30% até meados do século XXI, devido ao aquecimento global, o que pode acarretar em diversos impactos ambientais, como a extinção de espécies dependentes de áreas úmidas, desequilíbrio dos ecossistemas (JURAS, 2008).

As maiores consequências do desmatamento acelerado é o aumento de CO₂ na atmosfera, pois quanto menos plantas, menor será a quantidade de CO₂ absorvida, permanecendo na atmosfera e aumentando o efeito estufa (JURAS, 2008).

Uma maneira de aumentar a purificação da amônia nas águas é ter a zona tampão ou zona de amortecimento, que é uma área com vegetação em volta das áreas úmidas, estudos mostraram uma purificação de 75,2% da amônia em vegetações de 20 a 40 metros (POULIN et al, 2016).

Um método para identificar os problemas de degradação das áreas úmidas é a utilização de imagens de satélite ou VANTs (Veículos aéreos não-tripulados) e mapear os usos da terra utilizando softwares de georreferenciamento e comparar imagens em períodos de tempo como 5 anos, 10 anos e avaliar as perdas de áreas úmidas. A degradação destas áreas pode estar relacionada com a mudança de uso dos terrenos (POULIN et al, 2016).

1.9 Manejo das áreas úmidas

O manejo ou uso racional de áreas úmidas, adotado pela Convenção de Ramsar, é uma maneira de uso sustentável para benefício humano, que respeita à manutenção das propriedades naturais dos ecossistemas. O grande desafio do manejo das áreas úmidas é fornecer benefícios econômicos e manter o equilíbrio e valor funcional dos ambientes. Para isso, um bom manejo requer disponibilidade de instrumentos para desenvolvimento de estratégias, em diferentes

escalas para que indiquem qual tipo de desenvolvimento pode ser suportado pelos ecossistemas (MENEZES, 2009).

A utilização de tecnologias para manejo e monitoramento, por exemplo, o uso de SIG (Sistema de Informação Geográfica) torna a análise mais rápida e objetiva, por meio de um SIG pode-se ordenar pelas informações, a prioridade de preservação. O SIG possui ferramentas adequadas de planejamento, pois identifica a inadequação do uso do solo, permite diagnosticar áreas úmidas que podem ser preservadas (MENEZES, 2009).

2. Objetivos

O objetivo deste trabalho é avaliar o balanço hídrico de 4 municípios: Analândia, Ipeúna, Rio Claro e Santa Gertrudes, e avaliar a possível contribuição na diminuição do volume de água nas áreas úmidas, seja pela diminuição das chuvas, aumento da temperatura média, ou pelo consumo excessivo dos plantios de cana-de-açúcar.

3. Materiais e Métodos

3.1 Cálculo de Evapotranspiração e Balanço Hídrico

Foram utilizados dados meteorológicos como a temperatura dos 4 municípios: Analândia, Ipeúna, Rio Claro e Santa Gertrudes. Foram calculados a evapotranspiração e balanço hídrico de Rio Claro entre os anos de 1991 a 2021, e de Analândia, Santa Gertrudes e Ipeúna, dos anos de 1991 a 2019, os dados pluviométricos de Rio Claro de 1994 a 2021 são da estação meteorológica da Unesp de Rio Claro, enquanto que dos anos de 1991 à 1993, e os dados de todos os anos de Analândia, Santa Gertrudes e Ipeúna são do site da Hidroweb que faz parte da ANA (Agência Nacional das Águas). Os dados foram trabalhados através do software Microsoft Excel, onde foram organizados e feitos gráficos a partir desses dados.

Com estes dados foi possível calcular a evapotranspiração destas regiões através da Equação de Thornthwaite:

$$E = 16 * \left[\frac{10 * T}{I} \right]^a \quad (1)$$

Onde E é a evapotranspiração potencial (mm*mês⁻¹); T é a temperatura média do mês (°C), e a e I são coeficientes calculados segundo as equações que seguem:

$$a = 6,75 * 10^{-7} * I^3 - 7,71 * 10^{-5} * I^2 + 1,792 * 10^{-2} * I + 0,49239 \quad (2)$$

$$I = \sum_{j=1}^{12} [Tj/5]^{1,514} \quad (3)$$

Onde j é cada um dos meses do ano; e Tj é a temperatura média de cada um dos 12 meses (TUCCI, 2009).

Os dados de precipitação média anual e temperatura média anual para a série histórica serão apresentados em gráficos de barras usados para avaliação de possível mudança do regime climático regional.

Com relação à estatística dos dados, foram utilizados a média aritmética dos dados de balanço hídrico para cada ano de cada cidade, a variância e desvio padrão. A média aritmética foi calculada a partir da soma do balanço hídrico dos 12 meses e dividido por 12, como é mostrado na fórmula a seguir:

$$\underline{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (4)$$

A variância (S^2) é uma medida de dispersão que permite ver a variação dos dados de balanço hídrico em relação à média, é calculada por:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \underline{X})^2}{n-1} \quad (5)$$

O desvio padrão consiste em uma medida do nível de dispersão que indica o quão uniforme está o conjunto de dados, quanto maior o desvio padrão, maior será a distância da média, se o desvio padrão for mais próximo de 0, mais uniforme será o conjunto de dados, é a raiz quadrada da variância, e é calculado por:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \underline{X})^2}{n-1}} \quad (6)$$

Foi calculado o balanço hídrico através da diferença entre o volume de precipitação e o volume de evapotranspiração em milímetros. O Balanço hídrico é uma medida em milímetros que mede a quantidade de água que está sendo armazenada ou perdida, se os resultados forem negativos.

3.2 Inferência Estatística

O modelo utilizado foi o Teste de Friedman, que é um teste não-paramétrico, utilizado quando a distribuição dos dados não for normal, os valores forem pareados, e para comparar k grupos, $k = 2, 3$ ou mais grupos. O teste é utilizado para fazer generalizações sobre as características de uma população a partir da informação contida na amostra.

O procedimento para este método é primeiramente colocar postos em cada valor, do maior para o menor valor. Por exemplo: se em janeiro choveu 100 mm, e em março choveu 110 mm e em maio choveu 60 mm, março é colocado em posto 1, janeiro posto 2, e maio posto 3, se caso os valores forem iguais por exemplo: janeiro 105 mm e fevereiro 105 mm, ambos

recebem posto 1,5 e o próximo posto será 3. Então, após colocar todos os postos nos valores de cada mês de precipitação em todos os anos amostrados, é feita a soma dos postos de cada ano, representada pela letra R , se forem 11 anos amostrados, então será de R_1 a R_{11} .

Então, é calculada a Fr , que é o valor do teste de Friedman, que indica se os valores das populações têm diferença significativa entre elas:

$$Fr = \frac{12 \cdot \sum R_j^2}{n \cdot k \cdot (k+1)} - 3n \cdot (k+1) \quad (7)$$

No qual k é o número de grupos, ou seja, os anos amostrados; e n é o número de pares, ou seja, os meses amostrados, de janeiro a dezembro.

Após calculado o Fr é verificado o Fr_{tab} , que é um valor tabelado, com a linha determinada por $p = k-1$ e coluna pelo nível de significância, se for 95%, deve-se pegar a coluna 5%, como mostrado a seguir na Figura 1:

Figura 1: Tabela qui-quadrada para Teste de Friedman.

Distribuição Qui-Quadrado - Unicaudal à Direita										
p ►	99,5%	99%	97,5%	95%	90%	10%	5%	2,5%	1%	0,5%
1	0,000	0,000	0,001	0,004	0,016	2,706	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,010	0,020	0,051	0,103	0,211	4,605	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,072	0,115	0,216	0,352	0,584	6,251	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	1,064	7,779	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	1,610	9,236	11,070	12,833	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	2,204	10,645	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	2,833	12,017	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	3,490	13,362	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	4,168	14,684	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	4,865	15,987	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	5,578	17,275	19,675	21,920	24,725	26,757

Fonte: SIEGEL (2006).

O H_0 só é aceito se o Fr for menor ou igual ao Fr_{tab} , que significa que não há diferença significativa entre as populações amostradas.

4. Resultados

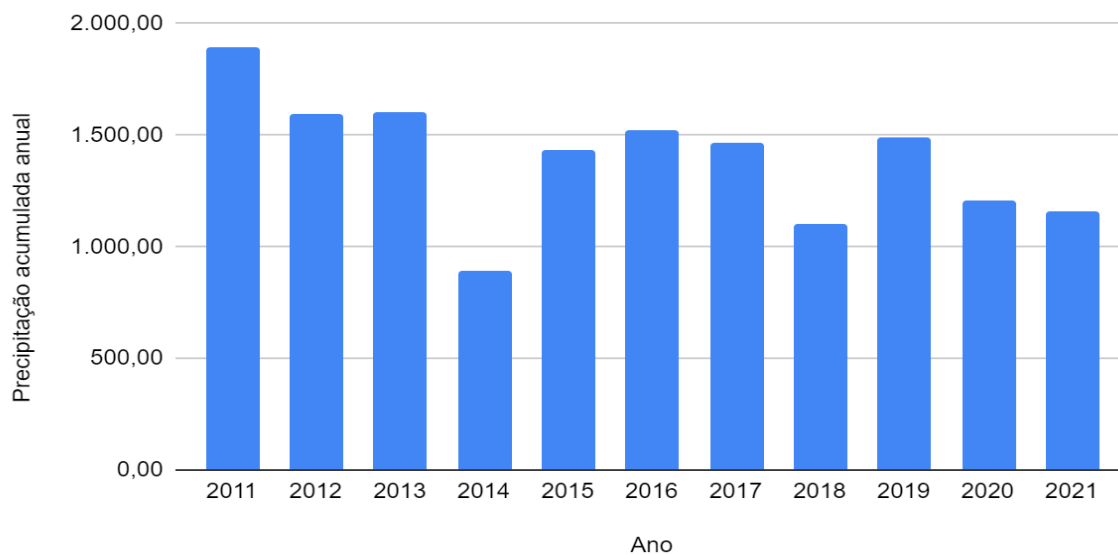
4.1 Caracterização da Precipitação

4.1.1 Precipitação no município de Rio Claro

Foram obtidos os dados das precipitações mensais de Rio Claro entre janeiro de 2011 a dezembro de 2021 (gráfico 1). Os resultados mostraram que no período analisado os volumes máximos de chuvas (entre 100 mm à 569 mm) em Rio Claro ocorreram nos meses de outubro a abril e os mínimos (entre 0 a 99 mm) nos meses de maio a setembro.

Gráfico 1 - Precipitação acumulada do município de Rio Claro (2011-2021)

Precipitação acumulada Rio Claro

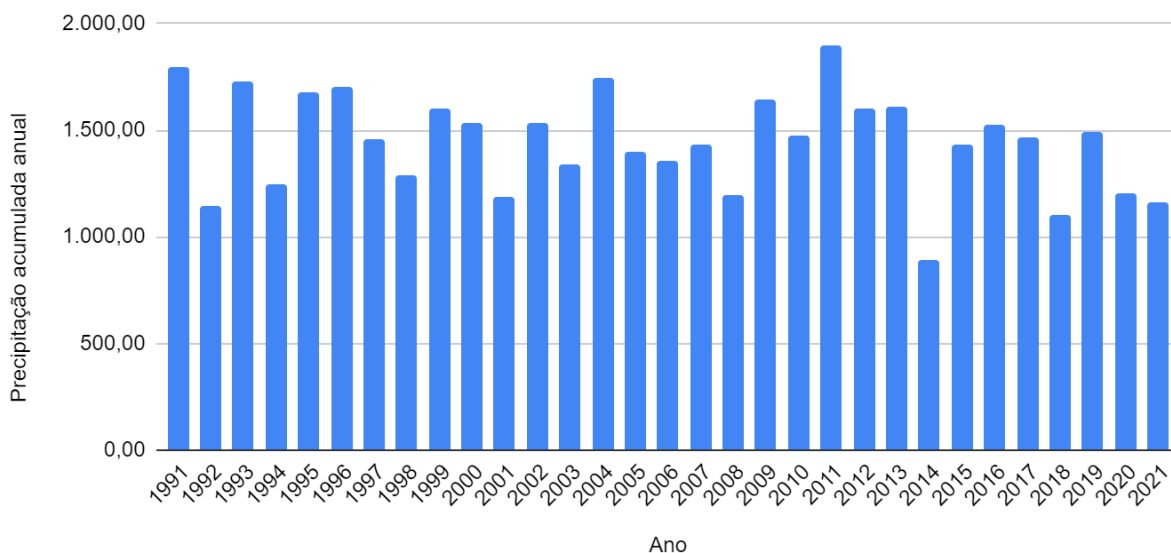


Fonte: HIDROWEB (2023)

O ano de 2011 foi o de maior precipitação acumulada com 1896,70 mm, e o ano que teve menor precipitação foi o de 2014 com 890,90 mm, uma diferença de 1005,80 mm, como mostra o gráfico 1.

Gráfico 2 - Precipitação média histórica no município de Rio Claro (1991-2021).

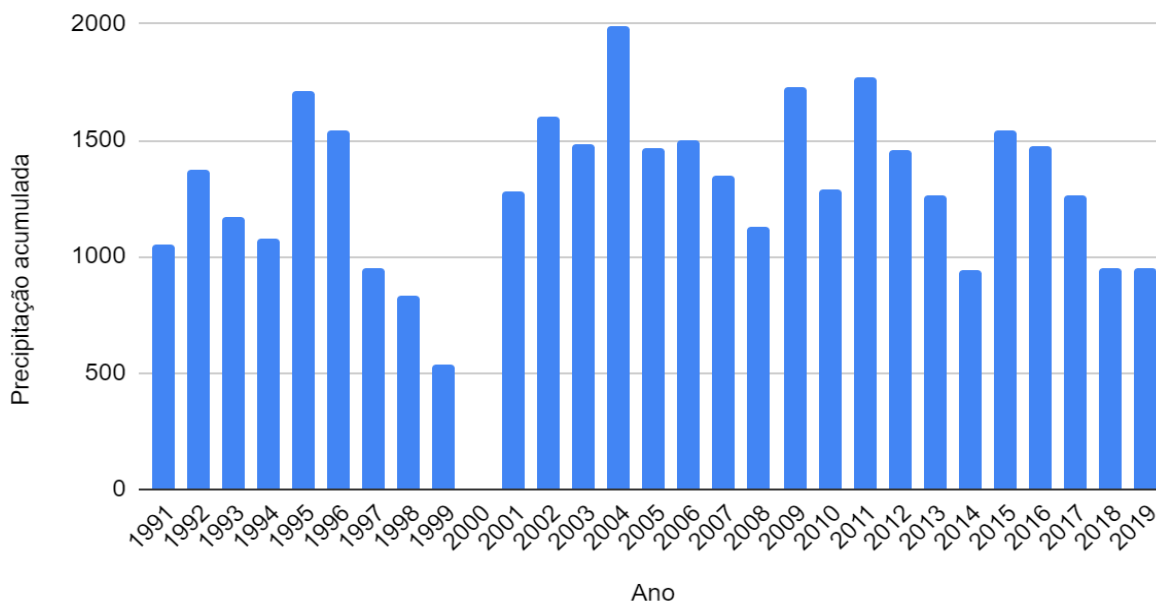
Média Histórica Precipitação Rio Claro



Fonte: HIDROWEB (2023).

4.1.2 Precipitação no município de Ipeúna

Os valores de precipitação de Ipeúna apresentaram alguns hiatos relacionados com a falta de medições relativas ao ano de 2000 e os meses de maio a outubro do ano de 1998 e de fevereiro a dezembro do ano de 1999. Os anos de menor precipitação acumulada foram de 1997 com 952 mm e 2014 com 942 mm de chuva. O ano de maior acumulado de chuva foi 2004 com 1889 mm (Gráfico 2).

Gráfico 3 - Precipitação média histórica no município de Ipeúna (1991-2019)**Média histórica Precipitação Ipeúna**

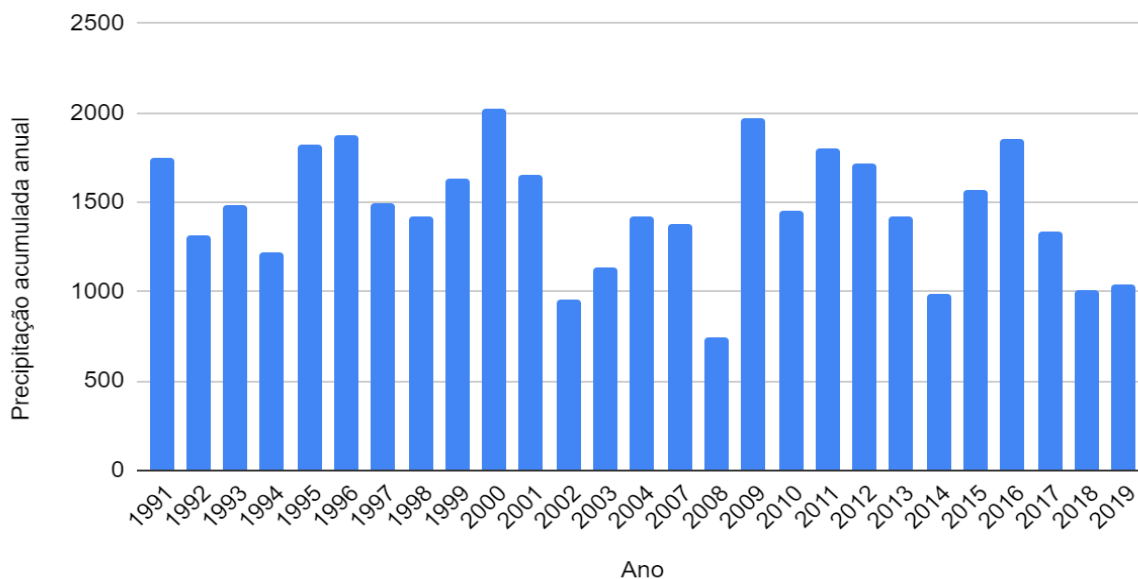
Fonte: HIDROWEB (2023).

4.1.3 Precipitação do município de Santa Gertrudes

Assim como aconteceu no município de Ipeúna, os dados pluviométricos obtidos de Santa Gertrudes apresentaram hiato nas medições nos anos de 2005 e 2006, e também faltaram dados dos meses de fevereiro e março de 2008. Por essa razão, não é possível atribuir ao ano de 2008 como o de menor precipitação, mas sim os anos de 2014 e 2002 que tiveram acumulados de 991,2 mm e 958,3 mm respectivamente. O ano de maior precipitação foi de 2000 com 2019,8 mm de chuva (Gráfico 3).

Gráfico 4 – Precipitação média histórica no município de Santa Gertrudes (1991-2019)

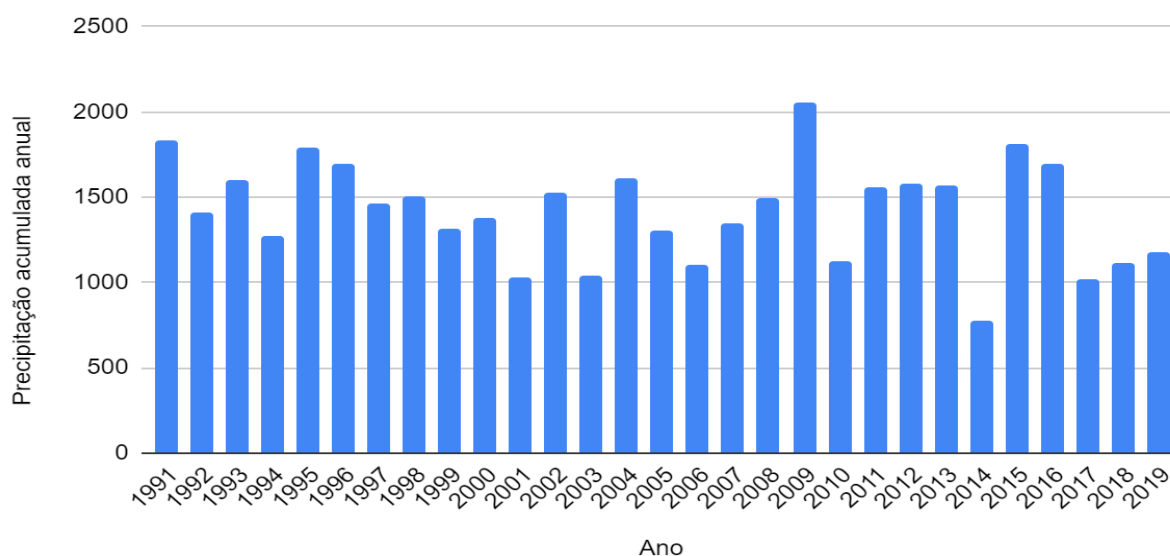
Média Histórica Precipitação Santa Gertrudes



Fonte: HIDROWEB (2023).

4.1.4 Precipitação no município de Analândia

Os dados pluviométricos obtidos de Analândia (Gráfico 4), indicam que o ano que houve menor precipitação acumulada foi 2014 com 778,5 mm e o ano de maior precipitação foi de 2009 com 2051,4 mm de chuva.

Gráfico 5 – Precipitação média histórica no município de Analândia (1991-2019)**Média Histórica Precipitação Analândia**

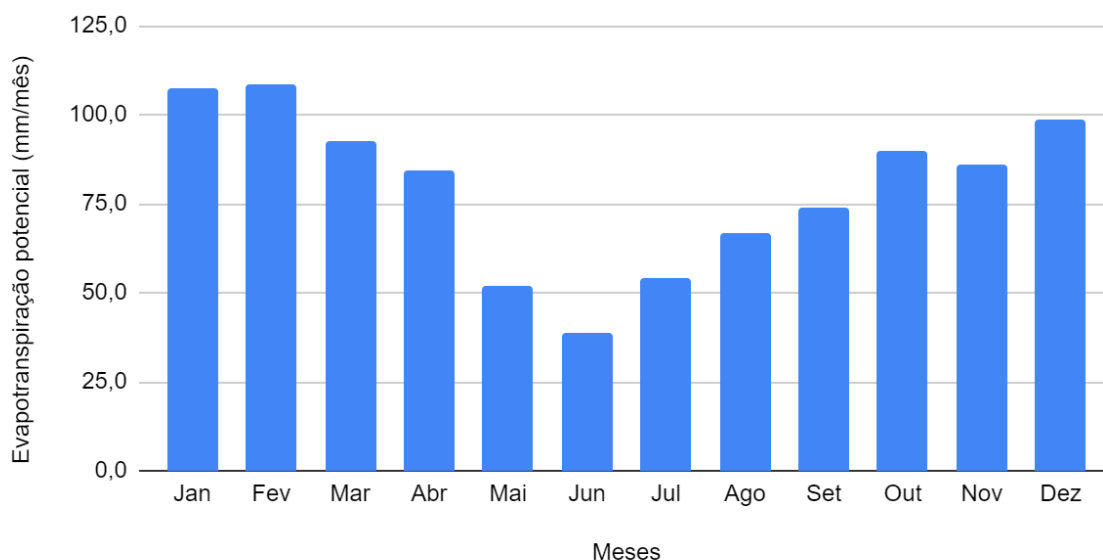
Fonte: HIDROWEB (2023).

4.2 - Evapotranspiração

A evapotranspiração potencial (mm/mês) no município de Rio Claro (gráfico 5) foi mais elevada entre os meses de outubro a março, cujas taxas foram de 84,5 mm a 108,6 mm e as menores entre abril a setembro com valores de 38,8 mm a 74,1 mm. Os valores são diretamente proporcionais à temperatura, ou seja, o aumento da temperatura também aumenta a evapotranspiração. No ano de 2014 (Gráfico 6) que houve a crise hídrica, a evapotranspiração se manteve no padrão médio de meses com maior evapotranspiração entre outubro e março, e os menores valores entre abril e setembro.

Gráfico 6 - Evapotranspiração potencial (mm/mês) do ano de 2011 no município de Rio Claro

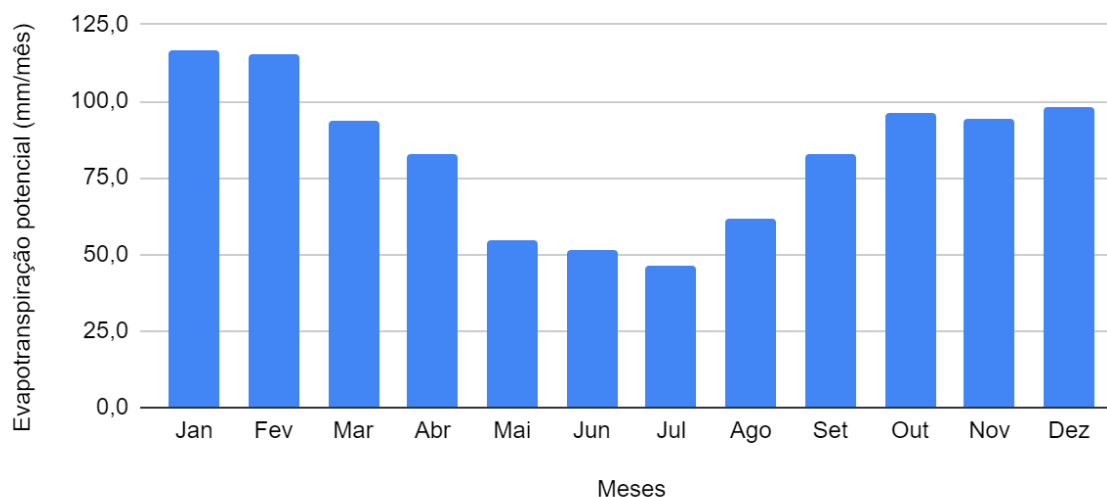
Evapotranspiração potencial (mm/mês) 2011



Fonte: HIDROWEB (2023).

Gráfico 7 - Evapotranspiração potencial (mm/mês) de 2014 no município de Rio Claro

Evapotranspiração potencial (mm/mês) 2014



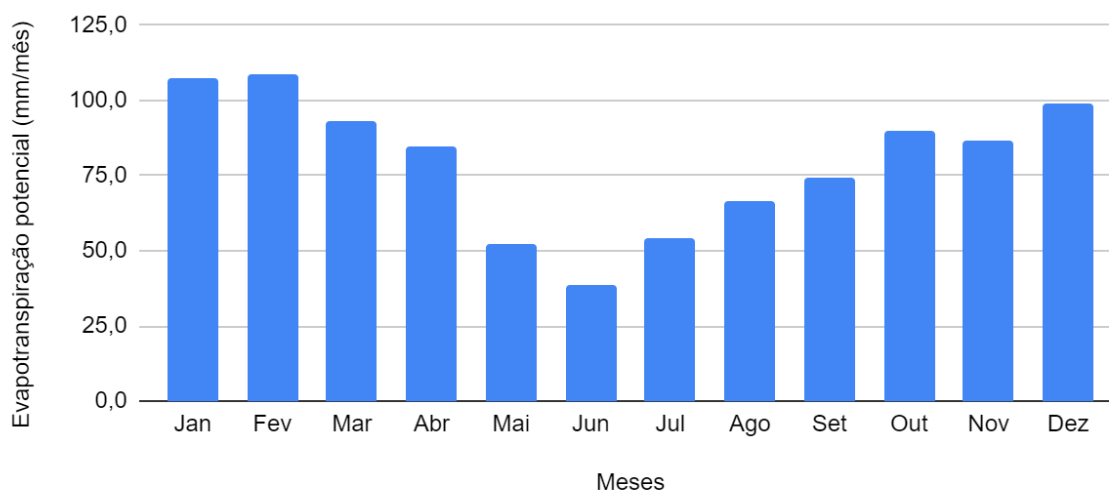
Fonte: HIDROWEB (2023).

A evapotranspiração no município de Ipeúna, Santa Gertrudes e Analândia mantiveram o padrão de ter as maiores taxas entre os meses de outubro a abril com valores de 84,5 a 108,6 mm e as menores entre maio e setembro com valores de 38,8 mm a 74,1 mm. Os valores da

evapotranspiração ficaram iguais como pode-se ver nos gráficos 7, 8 e 9, pois foi utilizada a mesma temperatura média nos 4 municípios para o cálculo da evapotranspiração. Foi escolhido o ano de 2011 como um ano aleatório para demonstrar que os valores nos 4 municípios foram iguais.

Gráfico 8 - Evapotranspiração potencial (mm/mês) de 2011 no município de Ipeúna

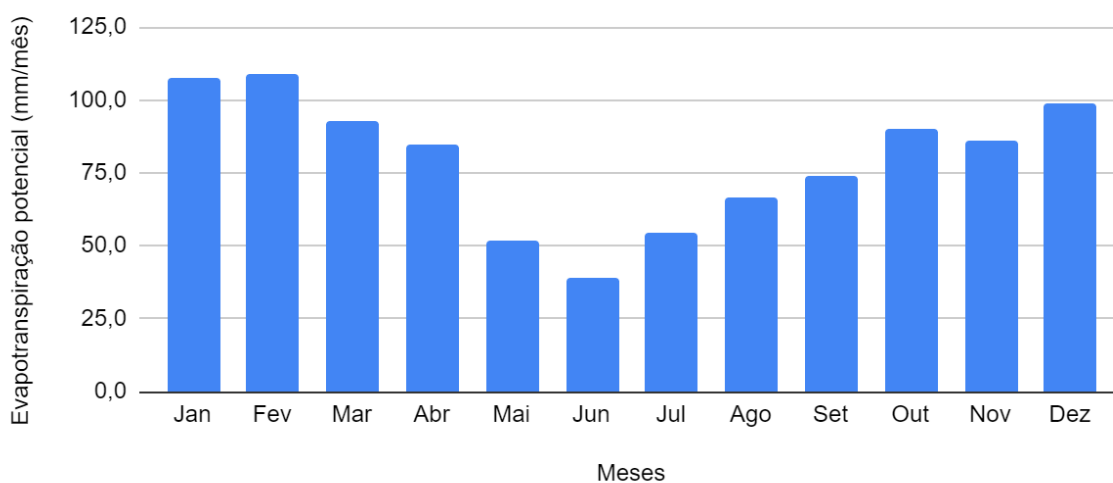
Evapotranspiração potencial (mm/mês) 2011



Fonte: HIDROWEB (2023).

Gráfico 9 - Evapotranspiração potencial (mm/mês) de 2011 no município de Santa Gertrudes

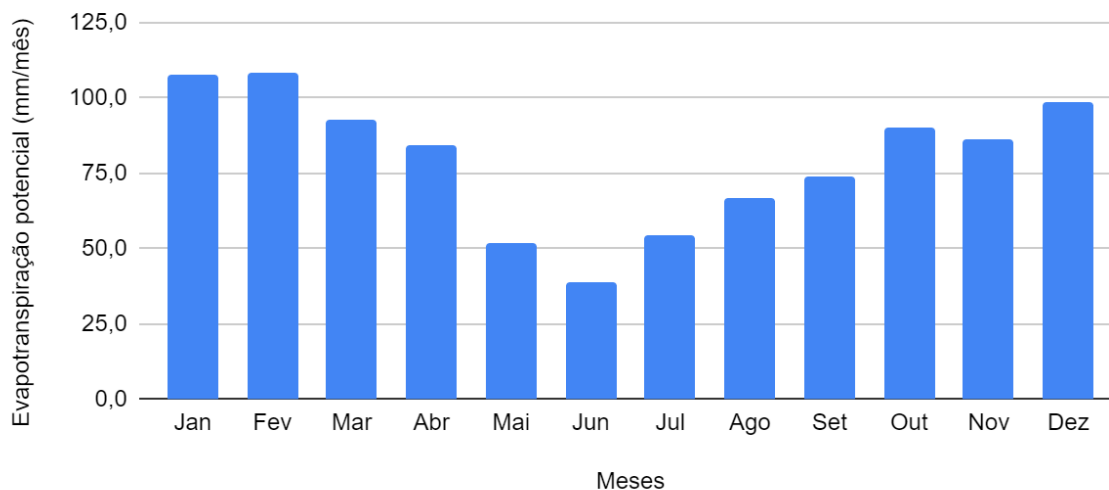
Evapotranspiração potencial (mm/mês) 2011



Fonte: Autoria própria.

Gráfico 10 - Evapotranspiração potencial (mm/mês) de 2011 no município de Analândia

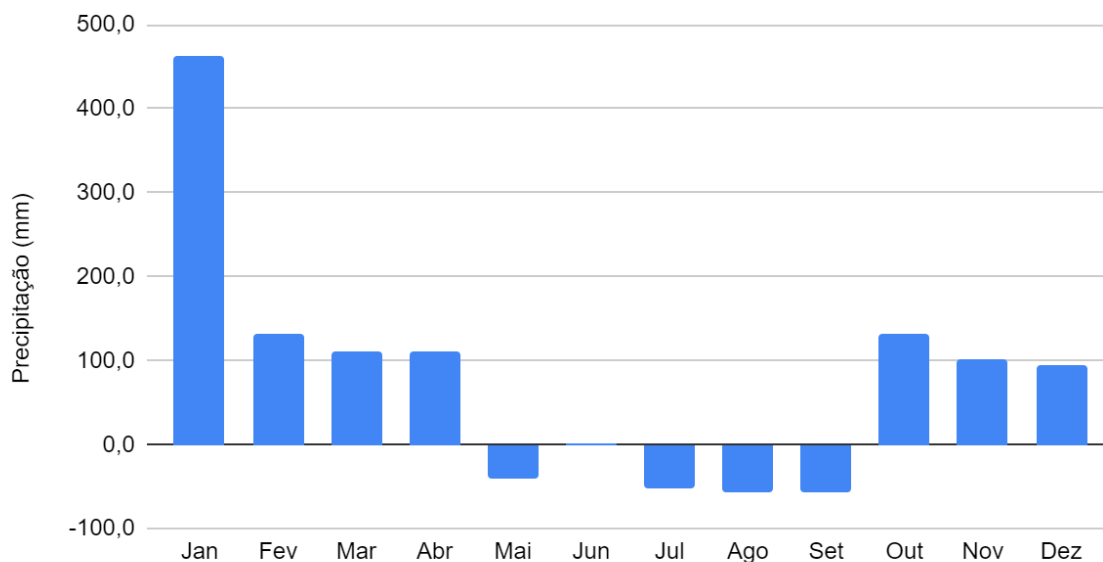
Evapotranspiração potencial (mm/mês) 2011



Fonte: Autoria própria.

4.3 Balanço Hídrico

Em anos chuvosos, como exemplo o ano de 2011 que apresentou a maior precipitação média, atribui-se que houve menor armazenamento de água no solo nos meses de outubro a abril e junho, e um déficit hídrico nos meses de maio, julho, agosto e setembro. O balanço hídrico total do ano de 2011 (gráfico 10) foi de 942,6 mm acumulados.

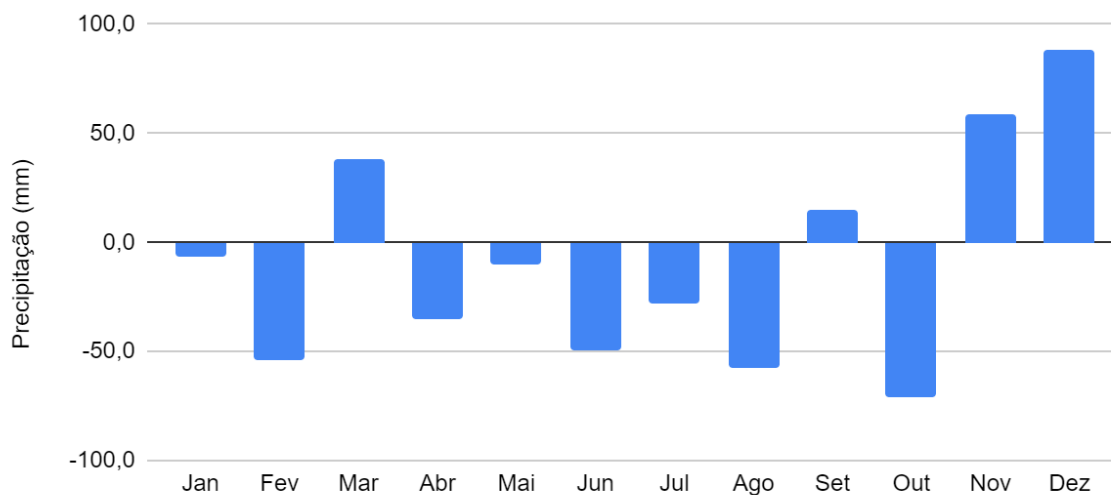
Gráfico 10 - Balanço Hídrico no município de Rio Claro (2011).**Balanço Hídrico - Rio Claro 2011**

Fonte: Autoria própria.

No caso de 2014, na crise hídrica, ocorreram menores volumes de precipitação que favoreceram o déficit hídrico na região. No gráfico 11 é evidenciado que mesmo considerando os meses em que geralmente há excedente hídrico, como janeiro, fevereiro e abril, o balanço foi negativo, o que impacta diretamente o déficit hídrico. O total anual do balanço hídrico foi um déficit de 112 mm.

Gráfico 11 - Balanço hídrico no município de Rio Claro (2014).

Balanço Hídrico - Rio Claro 2014

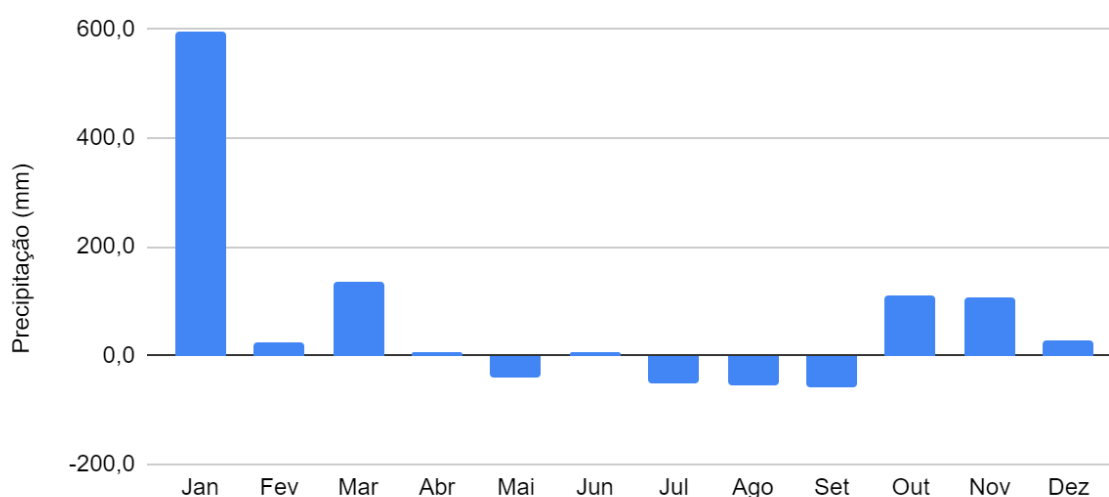


Fonte: Autoria própria.

No município de Ipeúna houve um excedente hídrico de 596,4 mm no mês de janeiro de 2011 e foram registrados déficits nos meses de maio, julho, agosto e setembro deste ano (gráfico 12).

Gráfico 12 - Balanço hídrico no município de Ipeúna (2011).

Balanço Hídrico Ipeúna 2011

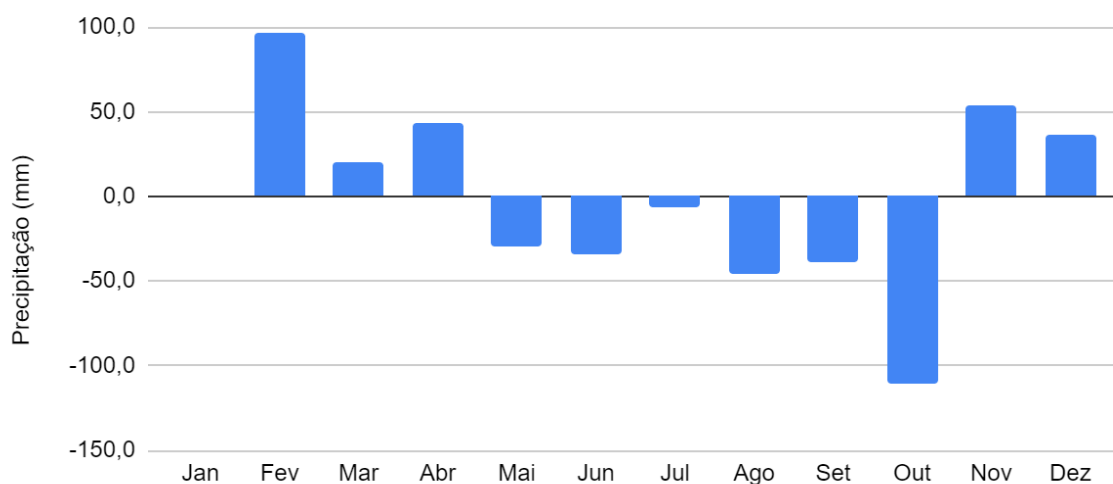


Fonte: Autoria própria.

Em Santa Gertrudes (gráfico 13), destaca-se o déficit hídrico no mês de outubro de 2019, de 111,1 mm, não houve chuva neste mês, o que é algo atípico.

Gráfico 13 - Balanço hídrico no município de Santa Gertrudes (2019).

Balanço Hídrico Santa Gertrudes 2019

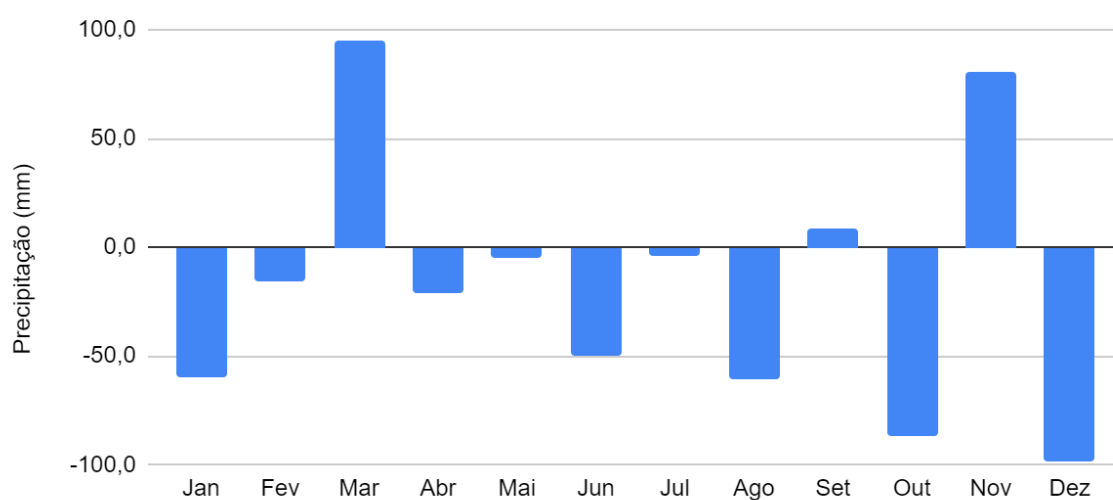


Fonte: Autoria própria.

Em Analândia, no ano de 2014 (gráfico 14), foi encontrado o maior déficit hídrico, e, em quase todos os meses, exceto março e novembro, apresentaram resultados negativos, indicando extrema sensibilidade hídrica. O total anual do balanço hídrico foi um déficit de 216,3 mm.

Gráfico 14 - Balanço Hídrico no município de Analândia (2014).

Balanço Hídrico Analândia 2014



Fonte: Autoria própria.

Em Rio Claro, somente no ano de 2014 o balanço hídrico anual foi de 112 mm negativo, já em Ipeúna e Santa Gertrudes, além do ano de 2014 apresentar um saldo negativo de chuvas, também nos anos de 2018 e 2019 houve deficiência hídrica. Em Analândia também o único ano com deficiência hídrica foi em 2014 com 216,3 mm.

Os anos com mais meses com déficit hídrico em Rio Claro foram em 2014 com 8 meses de deficiência, 2015, 2018, 2020 com 6 meses de deficiência, e 2021 com 7 meses de deficiência. Em Ipeúna foram 2014, 2018 e 2019 com 7 meses de deficiência cada. Em Santa Gertrudes 2012 com 6 meses de déficit, 2014 com 7 meses de déficit, 2018 e 2019 com 6 meses de balanço negativo. Em Analândia, 2014 com 9 meses de déficit, 2017, 2018 com 6 meses de crise e 2019 com 7 meses de déficit.

4.4 Estatística dos dados

Foi feita uma inferência estatística pelo método de Friedman nos dados de balanço hídrico como já citado anteriormente, e há duas hipóteses: **H₀**, significa que os dados se comportam de forma similar, ou seja, não há diferença significativa entre as populações; e **H₁**, significa que pelo menos 1 grupo difere dos demais. O nível de significância do teste é de 95%.

Para calcular o Teste de Friedman, foi organizada uma tabela (tabela 3) com os dados dos meses de cada ano, de 2011 a 2021 no caso de Rio Claro, então verificou qual mês de janeiro desses anos teve a maior precipitação, no caso foi 2011, e foram colocados postos em todos os meses, como janeiro de 2011 foi o maior, colocou-se o valor “1”, o segundo ano que teve mais chuva no mesmo mês, foi colocado “2”, e assim por diante, como mostrado na tabela abaixo.

Após colocar todos os postos, soma-se todos para cada ano, na vertical, gerando o valor R1, depois, R2 até chegar em R1:

Tabela 3 – Média das precipitações em Rio Claro e seus postos.

Meses de 2011	Média	Postos	Meses de 2012	Média	Postos	Meses de 2013	Média	Postos
Jan	461,6	1	Jan	277,8	2	Jan	160,4	5
Fev	132,9	4	Fev	112,8	5	Fev	94,7	6
Mar	110,7	1	Mar	-25,1	11	Mar	26,9	9
Abr	111,6	2	Abr	45,8	5	Abr	65,8	4
Mai	-41,2	10	Mai	7,0	5	Mai	78,6	3
Jun	2,7	5	Jun	112,9	2	Jun	26,8	3
Jul	-52,5	11	Jul	5,5	1	Jul	4,0	2
Ago	-57,2	8,5	Ago	-60,7	11	Ago	-50,1	7
Set	-56,1	8	Set	-32,8	6	Set	-32,2	5
Out	132,6	2	Out	14,9	8	Out	37,8	4
Nov	102,0	2	Nov	-6,8	11	Nov	194,9	1
Dez	95,3	4	Dez	149,9	1	Dez	50,7	9

Fonte: Autoria própria.

Após calculados todos os *Fr* dos municípios de Rio Claro, Ipeúna, Santa Gertrudes e Analândia, todos os valores estiveram abaixo do valor do *Fr* da tabela, ou seja, todos atenderam a hipótese H0, que significa que não há diferença significativa entre as populações.

O balanço hídrico é fundamental para entender o que causa a redução da vazão das áreas úmidas, que pode ser influenciada pelo déficit hídrico da região, causada por falta de chuvas em períodos chuvosos, pode ser causada também pelo aumento da temperatura, o que não aconteceu para ambos os casos. A causa mais provável é o uso excessivo do solo, onde há cultivos de cana-de-açúcar, e outros cultivos que demandam bastante água.

5. Discussão

As áreas úmidas pequenas e isoladas amplamente distribuídas no interior do estado de São Paulo são fortemente dependentes da água meteórica para controlar o regime hidrológico (FURLAN et al., 2023). Esses ecossistemas atuam como reservatórios de água contribuindo para a recarga de aquífero, vazão dos rios, mas, também, para manter a rica biodiversidade local (CASAGRANDE et al., 2021).

Nesse sentido, alterações nos valores de precipitação acumulada, períodos de extremos déficits hídricos ou elevações constantes da temperatura são fatores que diretamente influenciam a capacidade de armazenamento de água nas áreas úmidas. Os dados obtidos indicaram períodos prolongados nos quais evapotranspiração excede a precipitação podendo ser considerados períodos nos quais ocorrem perda de água para a atmosfera e contração da área de alagamento da área úmida. Essa dinâmica contribui para que haja a contínua expansão da atividade agrícola provocando impactos severos em razão da destruição da zona de amortecimento (APP) (SANSÃO, 2013).

A perda de água e a intensidade do impacto nesse ecossistema pode ser intensificado em razão de mudanças nos padrões de chuva e de temperatura relacionados com as mudanças climáticas e estão cada vez mais ameaçados pela transformação e degradação do uso da terra (LOBATO DE MAGALHÃES e MARTÍNEZ, 2018). Por outro lado, devido à capacidade de sequestrar carbono ao longo de milênios, as áreas úmidas são um dos mais importantes e eficientes ecossistemas para mitigar as mudanças climáticas (BAO, 2023).

A gestão das pequenas áreas úmidas da região não está incluída nos planos de gestão territorial e dos recursos hídricos. A gestão das áreas úmidas de interesse internacional (sítios Ramsar) são de competência da esfera Federal através do Comitê Nacional das Zonas Úmidas (CNZU), Instituição delegada ao Ministério do Meio Ambiente, composta por representantes dos setores governamentais, representantes científicos, da sociedade civil e dos Sítios Ramsar do país. (JUNQUEIRA, 2021).

Essa ausência é particularmente importante na região porque constitui-se em área agrícola consolidada, voltada para o cultivo de cana-de-açúcar para a produção de biocombustível.

Dessa forma, o monitoramento climático, hidrológico e o ordenamento do uso da terra são fatores que devem ser considerados com o objetivo de preservar as pequenas áreas úmidas.

6. Conclusão

O resultado desse estudo é que o déficit hídrico realmente contribui para a diminuição das águas nas áreas úmidas.

O atual cenário exige que medidas de mitigação de impactos sejam adotadas urgentemente destacando a recomposição e a adoção de técnicas de manejo do solo para evitar perda excessiva de água nos períodos de estiagem e a erosão hídrica que provoca a perda da qualidade e quantidade de água estocada no interior da área úmida.

7. Referências Bibliográficas

BAO, T., JIA, G., XU, X. Weakening greenhouse gas sink of pristine wetlands under warming. **Nature Climate Change**, n. 13, p. 462-469, 2023.

BERTI, A. P.; DUSMAN, E.; SOARES, L. C.; GRASSI, L. E. A. Efeitos da contaminação do ambiente aquático por óleos e agrotóxicos. **SaBios: Rev. Saúde e Biol.** , v. 4, n. 1, p. 45-51, jan./jun. 2009. Disponível em: <<http://periodicos.grupointegrado.br/revista/index.php/sabios/article/view/152/237>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

BOZELLI, R. L.; FARIAS, D. S.; LIMA, S. K. F.; LIRA, R. T. S.; NOVA, C.C.; SETUBAL, R. B.; SODRÉ, E. O. Pequenas áreas úmidas: importância para conservação e gestão da biodiversidade brasileira. **Diversidade e Gestão. Volume especial: Conservação in situ e ex situ da Biodiversidade Brasileira.** p. 122 - 138. 2018. Disponível em: <<https://itr.ufrj.br/diversidadeegestao/wp-content/uploads/2019/02/Reinaldo-Bozelli.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

BRASIL. **Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis no 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis no 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm>. Acesso em 20 nov. 2023.

CASAGRANDE, M.; FURLAN, L. M.; MOREIRA, C. A.; ROSA; F. T. G., ROSOLEN, V. Non-invasive methods in the identification of hydrological ecosystem services of a tropical isolated wetland (brazilian study case). **Environmental Challenges.** 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100233>> Acesso em: 19 nov. 2023.

COLLISCHONN, Walter. DORNELLES, Fernando. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais.** 1ª Ed. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, 2013.

CUNHA, D. A., COELHO, A. B., & FÉRES, J. G. Irrigation as an adaptive strategy to climate change: an economic perspective on Brazilian agriculture. **Environment and Development Economics**, n. 20, p. 57-79, 2015.

FAILACHE, M., & ZUQUETTE, L. Avaliação geológica e geotécnica preliminar da degradação ambiental das áreas úmidas na região de Leme-Brasil. **Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente**, n. 35, p. 17-34.

FERREIRA, P. DOS S.; DOMICIANO J. G.; PEDROSO, V. G.; DE SOUZA, W. M. As perspectivas e divergências acerca do aquecimento global antropogênico. **Caderno de Geografia**, v. 27, n. 51, outubro-dezembro, 2017, p. 728-747 Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, Brasil. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/3332/333252999006.pdf>>. Acesso em 20 nov. 2023. (Ferreira, 2017).

FILHO, Gerson Felipe da Costa. **Biodegradação de óleos derivados do petróleo e de origem vegetal estimulada por biossurfactantes em meio aquoso e monitoramento de sua toxicidade**. Trabalho de Conclusão de Curso (Ecologia) - Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2011. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/118752/costafilho_gf_tcc_rcla.pdf?sequence=1>. Acesso em: 20 nov. 2023.

FRANÇA, Andreia Maria da Silva. **Função de pedotransferência para estimativa de estoques de carbono em solo de áreas de campo limpo úmido no distrito federal**. Tese de Doutorado - Universidade de Brasília. Brasília, 2011. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/33540942.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

FURLAN, L. M.; MOREIRA, C. A.; ALENCAR, P. G.; ROSOLEN, V. Environmental monitoring and hydrological simulations of a natural wetland based on high-resolution unmanned aerial vehicle data (Paulista Peripheral Depression, Brazil). **Environmental Challenges**. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100146>> Acesso em: 20 nov. 2023.

FURLAN, L.M.; FERREIRA, M. E.; MOREIRA, C. A.; ALENCAR, P. G.; CASAGRANDE, M. F. S.; ROSOLEN, V. Satellite, UAV, and Geophysical Data to Identify Surface and Subsurface Hydrodynamics of Geographically Isolated Wetlands: Understanding an Undervalued Ecosystem at the Atlantic Forest-Cerrado Interface of Brazil. **Remote Sensing**, v. 15, n. 1870, p. 1-21. Março, 2023. Disponível em:<<https://www.mdpi.com/2072-4292/15/7/1870>>. Acesso em: 19 nov. 2023.

GALBRAITH, A.A., WONG, S.T., KIM, S.E., et al. Out-of-Pocket Financial Burden for Low-Income Families with Children: Socioeconomic Disparities and Effects of Insurance. **Health Services Research**, n. 40, p. 1722-1736, 2005. Disponível em:<<https://doi.org/10.1111/j.1475-6773.2005.00421.x>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

GOMES, Marcos Vinícius Teles. **Fitorremediação utilizando *Typha Domingensis* em sistema de zonas úmidas construídas**. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2013. Disponível em:<https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/3292/1/MARCOS_VINICIUS_TELES_GOMES.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2023.

GUO, Z., LIU, X. M., ZHANG, X. Q., SHEN, Z., TIAN, W. F., SUN, Z. H., ZHANG, H. P., CHEN, W. Influence of consumption of probiotics on the plasma lipid profile: a meta-analysis of randomised controlled trials. **National Library of Medicine**. 2011. Disponível em:<<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21930366/>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

HIDROWEB. **Agência Nacional das Águas (ANA)**, 2023. Disponível em:<<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa>>. Acesso em: 14 dez. 2023.

IRIGARAY, Carlos Teodoro José Hugueney. Áreas úmidas especialmente “des” protegidas no direito brasileiro: o caso do pantanal mato-grossense e os desafios e perspectivas para sua conservação. **Revista de Estudos Sociais**, 2015. v. 17, n. 34, p. 203-225. Disponível em:<<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/res/article/view/2602/1777>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change**. Nova York, 2001. Disponível em:<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGI_TAR_full_report.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2023

JUNK, W. J.;M. T. F. PIEDADE, R. LOURIVAL, F. WITTMANNd,*, P. KANDUS L. D. LACERDA, R. L. BOZELLI F. A. ESTEVES C. NUNES DA CUNHAL. MALTCHIKj J. SCHÖNGART Y. SCHAEFFER-NOVELLI, A. A. AGOSTINHO. Brazilian wetlands:their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. **Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst**, n. 24, p. 5-22, 2014.

JUNQUEIRA, Deise Aparecida. **Princípios da governança ambiental na gestão de recursos hídricos com foco em áreas úmidas (AU's) na depressão periférica paulista**. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro, 2021.

JURAS, Ilídia da Ascensão Garrido Martins. Aquecimento global e mudanças climáticas: uma introdução. **Plenarium**, v. 5, n. 5, p. 34 - 46, out. 2008.

LENKO, Bruna Costa. **Estudo geofísico em uma área úmida em zona de recarga do sistema aquífero guarani**. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/193022/lenko_bc_me_rcla.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Acesso em 16 nov. 2023.

LIMA, Paulo Vitor Mazuque. **Utilização de heterociclos 1,2,3-triazólicos para a retenção e recuperação de corpos hídricos contaminados com metais**. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.unipampa.edu.br/bitstream/riu/6135/1/Paulo%20Vitor%20Mazuque%20Lima%20-%202021.pdf>>. Acesso em 19 nov. 2023

LOBATO DE MAGALHÃES, T., MARTÍNEZ, M. 2018. Temporary freshwater wetlands floristics in central Mexico highlands. **Botanical Sciences**, v. 96, n. 1, p.138-156.

MACHADO, Iberê Farina. **Diversidade e Conservação de anuros em áreas úmidas costeiras no sul do Brasil**. Tese de Doutorado – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2011. Disponível em: <<http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/4026/IbereFarinaMachado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 17 nov. 2023.

MARCONATO, Gisele Mondoni. **Avaliação de quatro métodos de restauração florestal de áreas úmidas degradadas no município de mineiros do Tietê - SP**. Dissertação de Mestrado. Botucatu - SP, 2010. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/88118/marconato_gm_me_botib.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 17 nov. 2023.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M. Crise hídrica em São Paulo em 2014: seca e desmatamento. **Geosp – Espaço e Tempo (Online)**, v. 19, n. 3, p. 485-494, 2016. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/100879>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

MENEZES, M. D.; CURI, N.; MARQUES, J. J.; MELLO, C. R.; ARAÚJO, A. R.; Levantamento pedológico e sistema de informações geográficas na avaliação do uso das terras em sub-bacia hidrográfica de Minas Gerais. **Ciênc. Agrotec.**, v. 33, n. 6, p. 1544 - 1553, Lavras, nov/ dez/ 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cagro/a/M6xRrrf4gRq8bZbLrRB3ZfP/?lang=pt#>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

MITRA, R.; JADHAV, S.; EWEN, B. S.; VYAS, A.; CHATTARJI, S. Stress duration modulates the spatiotemporal patterns of spine formation in the basolateral amygdala. **Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America**. 2005. v. 102, n. 26. Disponível em: <<https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.0504011102>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

MORAES, Alessandra Ribeiro de. **Indicadores para a caracterização de serviços ambientais de áreas úmidas. Estudo de caso: a área de proteção ambiental das ilhas e várzeas do rio Paraná**. Tese de doutorado - Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

Disponível em: <[http://ptarh.unb.br/wp-content/uploads/2017/05/2011-Alessandra Ribeiro de Moraes.pdf](http://ptarh.unb.br/wp-content/uploads/2017/05/2011-Alessandra_Ribeiro_de_Moraes.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2023.

OLK, D. & SENESI, R. Properties of chemically extracted soil organic matter in intensively cropped lowland rice soils. In: KIRK, G.J.D. & OLK, D.C., eds. Carbon and nitrogen dynamics in flooded soils. Los Baños, **International Rice Research Institute**, p.65-87, 2000.

PIEDADE, Maria Thereza Fernandez, et al. As áreas úmidas no âmbito do Código Florestal brasileiro. Brasília - DF. **Comitê Brasil**, 2012. Disponível em: <<https://agroecologia.org.br/wp-content/uploads/2012/03/codigo-florestal.pdf#page=9>>. Acesso em: 14 nov. 2023.

POULIN, M.; PELLERIN, S. JÉROME, C. M.; LAVALLÉE, S.; COURCHESNE, G.; TENDLAND, Y. Inefficacy of wetland legislation for conserving Quebec wetlands as revealed by mapping of recent disturbances. **Wetlands Ecol Manage.** n. 21, p. 651–665, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/303695395_Inefficacy_of_wetland_legislation_for_conserving_Quebec_wetlands_as_revealed_by_mapping_of_recent_disturbances>. Acesso em: 13 dez. 2023.

SANSÃO, Rafaela Aguiar. **Determinação de áreas prioritárias para conservação na zona de amortecimento de UC de proteção integral: o caso da Estação Ecológica de Ribeirão Preto, SP.** Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/4e7bbef6-f725-41e6-bac2-ffb246d82796/content>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

SEOANE, Carlos Eduardo Sícoli. Recuperação de áreas degradadas como instrumento para a conservação das florestas nativas. **Embrapa**. 2007. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/56992/1/SP5112.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2023. (Seoane, 2007).

SIEGEL, S.; CASTELLAN, J. **Estatística Não - Paramétrica para as Ciências do Comportamento**, 2. Ed. Editora Penso, 2006.

SILVA, R. W. DA C.; PAULA, B. L. de. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. **Terra e Didática**, Campinas, SP, v. 5, n. 1, p. 42–49, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8637501>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

SOUZA, J. R. DOS.; ROSOLEN, V. S. A conversão de áreas úmidas em usos agrícolas na bacia hidrográfica do Beija-Flor - MG: análise do carbono total e impactos ambientais em murundus. **X Fórum Ambiental da Alta Paulista**. v. 10, n. 2, p. 133 - 149. 2014. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/82bc/869d5285cdc6d1eb41f1cff59051444b3764.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

SUN, Z. SUN, W. TONG, C. ZENG, C. YU, X. MOU, X. China's coastal wetlands: Conservation history, implementation efforts, existing issues and strategies for future improvement. **Environment International**. n. 79, p. 25-41, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.02.017>>. Acesso em: 13 dez. 2023.

TORRES, Therrése Tesser. **Briófitas Aplicadas a fitorremediação: avaliação na remoção de metais**. Trabalho de conclusão de curso (Ciências biológicas) - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. Imbé, 2018. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/189029/001085738.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 20 nov. 2023. (Torres, 2018).

VIEIRA, Michela Regina Sherer. **Desenvolvimento de um índice de integridade biológica baseado em peixes para áreas úmidas**. Dissertação de Mestrado - Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, 2016. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/10322/Michela%20Regina%20Scherer%20Vieira_.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 nov. 2023.