

ADAILTON DE MELLO

**O USO DE EFLUENTES TRATADOS DE LATICÍNIO NA
FERTIRRIGAÇÃO**

Passo Fundo

2022

ADAILTON DE MELLO

**O USO DE EFLUENTES TRATADOS DE LATICÍNIO NA
FERTIRRIGAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada ao curso de Engenharia
Ambiental e Sanitária da Universidade de
Passo Fundo.

Orientador: Prof. Dr. Iziqiel Cecchin

Passo Fundo

2022

ADAILTON DE MELLO

O USO DE EFLUENTES TRATADOS DE LATICÍNIO NA FERTIRRIGAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade de Passo Fundo, como requisito para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

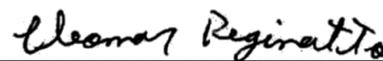
Orientador: Prof. Dr. Iziquiel Cecchin

BANCA EXAMINADORA



Orientador: Prof. Dr. Iziquiel Cecchin

Universidade de Passo Fundo



Prof. Dr. Cleomar Reginatto

Universidade de Passo Fundo



Prof. Me. Éder Nonnemacher

Universidade de Passo Fundo

Passo Fundo, 05 de dezembro de 2022.

Dedico este trabalho com muito afeto, a minha família, a qual sempre se dedicou a mim, me guiando por caminhos onde os valores morais e a fé, são indestrutíveis.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus pais, Ailton e Ivete pela paciência e por toda a ajuda direcionada a mim, os quais sempre contavam com uma palavra de apoio e que tanto se dedicaram, mesmo que isso custasse tira-los de seu sono e conforto para me auxiliar no que fosse. A eles, agradeço a minha vida.

Aos meus irmãos de sangue Ariel e Kauã, e aos meus irmãos da vida Gabriel e Uilian, os quais sei que sempre poderei contar e assim da mesma forma eles comigo.

A minha namorada Marina, a qual é incrível, que com sua grande paciência e dedicação, me auxilio muito quando precisei, transformando esse período de conclusão ainda mais tranquilo e motivador.

Aos meus amigos (as) e colegas, que ao longo de nossos períodos acadêmicos dividíamos os nossos melhores momentos e aflições, contando sempre com a nossa amizade de revigorante e motivadora.

Ao meu orientador Prof. Dr. Iziquiel, por sua dedicação no presente trabalho de conclusão, e por ao longo da faculdade sempre nos auxiliar de forma solícita e bem humorada.

A todos, a minha gratidão, pois nesse trabalho tem um pouquinho de cada um de vocês.

DE MELLO, Adailton. **O uso de efluentes tratados de laticínio na fertirrigação.** Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo. 2022.

RESUMO

O estado do Rio Grande do Sul tem diversas indústrias que possuem sistemas de tratamento de efluentes, portanto, no presente trabalho, são abordadas aquelas que estão no setor alimentício, mais especificamente no ramo de laticínios. Essas empresas realizam o tratamento dos efluentes, logo após, os emitem nos leitos de córregos e rios. Este trabalho de conclusão de curso teve como principal objetivo avaliar a viabilidade econômica e ambiental da aplicação de efluentes tratados através de irrigação em uma área agrícola do município de Marau – RS. Desta forma, avaliou-se no decorrer do trabalho os aspectos da área e do efluente tratado, com os mesmos, determinou-se a taxa máxima de aplicação e posteriormente foi orçado o custo de implantação e de operação, com seus resultados, foi calculado o payback do investimento. Perante a isso, pode-se concluir que economicamente o mesmo é viável a longo prazo, levando cerca de 15 anos para o investimento se pagar, denotando-se resultados positivos a respeito da pluviometria da área, a qual favorece o aumento de produtividade, evitando stress hídrico devido à falta de água às plantas, bem como a disponibilização de nutrientes para as culturas implantadas através da fertirrigação. Em termos de viabilidade ambiental conclui-se que o mesmo será muito benéfico, pois deixara de emitir em corpos hídricos uma carga orgânica de 0,61 toneladas por ano, evitando possíveis prejuízos aos corpos hídricos.

Palavras-chaves: Áreas Agrícolas; Nutrientes; Solo; Redução de Impactos; Viabilidade Econômica;

DE MELLO, Adailton. **The use of dairy's treated effluents at fertigation.** Completion work of the Environmental and Sanitary Engineering Course - University of Passo Fundo, Passo Fundo. 2022.

ABSTRACT

The state of Rio Grande do Sul has several industries that have effluent treatment systems, therefore, in the present work, those that are in the food sector are approached, more specifically in the dairy sector. These companies perform the treatment of effluents, soon after, emit them in the beds of streams and rivers. This course conclusion work had as main objective to evaluate the economic and environmental viability of the application of treated effluents through irrigation in an agricultural area at the county of Marau - RS. In this way, aspects of the area and the effluent treated with them were evaluated during this work, the maximum application rate was determined and later the cost of implantation and operation was budgeted, with its results, the investment payback. In view of this, it can be concluded that it is economically viable in the long term, taking about 15 years for the investment to pay off, denoting positive results regarding the pluviometry of the area, which favors the increase of productivity, avoiding water stress due to the lack of water to the plants, as well as the availability of nutrients for the implanted crops through fertirrigation. In terms of environmental viability, it is concluded that it will be very beneficial, as it will no longer emit an organic load of 0.61 tons per year in water bodies, avoiding possible damage to water bodies.

Keywords: Agricultural Areas; Nutrients; Ground; Impact Reduction; Economic viability;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Processos do trabalho de conclusão de curso.	22
Figura 2: Mapa de localização da área de estudo no município de Marau.	28
Figura 3: Rio Grande do Sul – Variabilidade espacial da temperatura mínima média (a), temperatura média (b) e temperatura máxima média (c), respectivamente para 1970-2007.	29
Figura 4: Variabilidade da insolação no estado do Rio Grande do Sul, 1970-2007.....	29
Figura 5: Variabilidade anual do total de precipitação pluviométrica no Rio Grande do Sul, 1970-2007.....	31
Figura 6: Visualização gráfica do diferencial pluviométrico.	32
Figura 7: Mapa Hidrográfico da área em estudo no município de Marau.	33
Figura 8: Localização dos pontos de sondagem e Ensaios de Infiltração.	34
Figura 9: Mapa Topográfico da área de estudo no município de Marau.	36
Figura 10: Mapa Pedológico da área em estudo no município de Marau.	37
Figura 11: Exigência vs disponibilidade dos macronutrientes.	45
Figura 12: Influência da fertirrigação no regime pluviométrico.	47
Figura 13: Delimitação do sistema de irrigação.	49
Figura 14: Sistema de espaçamento adotado entre aspersores.	50
Figura 15: Delimitação das Linhas laterais da área.	51
Figura 16: Reservatório para a fertirrigação.....	57
Figura 17: Ilustração da relação entre custo X retorno X situação.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Padrões de qualidade.	19
Tabela 2: Frequência de monitoramento.	20
Tabela 3: Valores constantes.	21
Tabela 4: Dados históricos do índice pluviométrico da região.	31
Tabela 5: Coordenadas planas dos pontos onde foram realizadas as sondagens e profundidades do solo.	34
Tabela 6: Valores de percolação obtidos.	35
Tabela 7: Análise química do solo da área de aplicação.	38
Tabela 8: Resultados da análise de efluente tratado.	40
Tabela 9: Exigências nutricionais das culturas de inverno e verão.	41
Tabela 10: Quantificação de nutrientes.	42
Tabela 11: Disponibilidade de Macronutrientes.	44
Tabela 12: Exigência vs disponibilidade dos macronutrientes.	44
Tabela 13: Análise de aplicação.	45
Tabela 14: Dados iniciais de dimensionamento da tubulação.	51
Tabela 15: Elementos considerados para a Linha de Recalque.	54
Tabela 16: Elementos considerados para a Linha de Sucção.	55
Tabela 17: Resumo de informações.	56
Tabela 18: Levantamento de custos.	58
Tabela 19: Simulação de financiamento.	59
Tabela 20: Custo de energia.	59
Tabela 21: Retorno econômico dos macronutrientes.	60
Tabela 22: Payback da atividade de fertirrigação.	60
Tabela 23: Cálculo da carga poluidora.	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos	14
1.1.1 Objetivo geral	14
1.1.2 Objetivos específicos	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Caracterização de efluentes industriais tratados	15
2.2 Caracterização do solo	16
2.3 Fertirrigação	17
2.4 Culturas aptas	18
2.5 Taxa de aplicação	19
2.6 Legislação de aplicação agrícola de efluentes industriais	19
3 MATERIAIS E MÉTODOS	22
3.1 Caracterização da área de interesse	22
3.2 Determinação da taxa máxima de aplicação	23
3.3 Dimensionamento do sistema de fertirrigação	24
3.4 Viabilidade econômica e ambiental do processo de fertirrigação	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	27
4.1.1 Localização da área de estudo	27
4.1.2 Caracterização do Regime Climatológico Regional	28
4.1.2.1 Temperatura	28
4.1.2.2 Insolação	29
4.1.2.3 Precipitação pluviométrica	30
4.1.3 Hidrografia	32
4.1.4 Laudo geológico para a atividade de fertirrigação	33
4.1.4.1 Profundidade do perfil de solo da área	33
4.1.4.2 Ensaios de permeabilidade	35
4.1.4.3 Análise topográfica	35
4.1.4.4 Solo da região	37
4.2 DETERMINAÇÃO DA TAXA MÁXIMA DE APLICAÇÃO	37
4.2.1 Amostragem e análise Físico-Químicas do solo	38

4.2.2	Características do efluente tratado da empresa.....	40
4.2.3	Necessidades nutricionais das culturas a serem implantadas.....	41
4.2.4	Quantificação e determinação da taxa máxima de aplicação.....	42
4.2.5	Contribuição Nutricional.....	44
4.2.6	Projeção após 1 ano de aplicação.....	45
4.2.7	Análise de Contribuição Pluviométrica.....	46
4.3	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE FERTIRRIGAÇÃO.....	47
4.3.1	Verificação da irrigação rela necessária (IRN).....	47
4.3.2	Turno de Rega (TR).....	47
4.3.3	Características gerais do sistema.....	48
4.3.4	Área de aplicação.....	48
4.3.5	Aspersores.....	49
4.3.6	Dimensionamento da tubulação de aspersão.....	50
4.3.6.1	Linhas Laterais.....	50
4.3.6.2	Linhas principais e linha de recalque.....	53
4.3.6.3	Linha de Sucção.....	55
4.3.6.4	Quadro resumo das informações.....	56
4.3.7	Bomba de recalque.....	56
4.3.8	Reservatório de Irrigação.....	57
4.4	VIABILIDADE.....	57
4.4.1	Viabilidade econômica.....	58
4.4.2	Viabilidade ambiental.....	62
5.	CONCLUSÕES.....	63
6.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	64
	REFERÊNCIAS.....	65

1 INTRODUÇÃO

Perante o atual contexto econômico e geopolítico mundial, denota-se os impactos ocasionados no agronegócio devido a guerra, gerada por atritos e ataques entre a Rússia e Ucrânia, acarretando em mudanças de preços de fertilizantes, os quais vinham passando por ajustes desde 2021 no mercado internacional. Atualmente, estes ajustes vêm disparando seus valores desde 24 de fevereiro de 2022, bem como os custos da produção agrícola em todo o país.

Hoje, o Brasil importa cerca de 85% dos fertilizantes utilizados na agricultura, cenário o qual vem gerando incertezas nos produtores rurais, perante a falta da futura garantia do recebimento de fertilizantes. Dessa forma, acarretando em compras em quantidades maiores visando a sua estocagem. Este fator está elevando a demanda e aumentando ainda mais os preços dos produtos (DANTAS,2022).

Segundo Natália Fernandes, os produtos quais mas sofreram aumento na importação, foram petróleo, gás, fertilizantes e commodities, bem como o preço dos alimentos, tendo como exemplo, 28% para óleos vegetais, e 20% para os grãos, desta forma, atingindo recordes entre janeiro e abril de 2022. Estes fatos se dão, pois, a Ucrânia é responsável por fornecer mundialmente milho, trigo, petróleo e gás natural, e a Rússia principal fornecedor fertilizantes ao Brasil, bem como também um grande fornecedor de trigo. Os fertilizantes chegaram a subir aproximadamente 70%, o que afeta diretamente o setor agropecuário brasileiro.

Os fatores climáticos também estão interferindo nas atividades de plantio, isso se dá através de drásticas mudanças ao redor do mundo inteiro, acarretaram na redução do potencial de safras, no Brasil. A estiagem trouxe prejuízos para culturas de 1ª safra, tendo redução de 10,6% na safra de laranja 21/22, menor produção de café para um ano de bialidade alta e quebras de produção de hortifrútiis. Sendo assim, perante a este cenário abre-se uma grande possibilidade para a queda dos estoques mundiais de grãos, reduzindo a capacidade de distribuição de alimentos. Estes casos fazem com que se passe a visar um maior controle de usos dos fertilizantes em lavouras, bem como novas fontes de fertilização. (CNA,2022)

Perante a análises dos perfis de solos brasileiros, denota-se que os mesmos apresentam baixa fertilidade, juntamente a altos teores de alumínio, carecendo maiores quantidades de a adubação para a correção desse meio. A correção e neutralização da acidez e do alumínio, devem ser realizadas perante a orientações técnicas, visando o bom

aproveitamento de minerais e melhorias no solo. Caso ao contrário, se for feita a aplicação de forma frequente e em altas dosagens, o excesso dessas matérias, podem degradar o plantio e causar prejuízos financeiros (ESTADÃO, 2022).

Na cidade de Marau, Rio Grande Do Sul, onde se realizou o presente trabalho, ocorrem períodos com intensas variações de precipitação, sendo necessário que se busque formas de manejar os plantios impactados pela falta de água ou pelo excesso da mesma, perante a ajustes na quantidade de fertilizantes aplicados. Para isso, visando a economia e aproveitamento de nutrientes, a utilização de efluentes tratados provenientes de indústrias alimentícias, pode ser um fator muito positivo, pois o mesmo é de fácil aplicação e suas propriedades podem ser grande contribuição ao solo.

Desta forma, avaliou-se a fertirrigação como uma possibilidade de solução ou até auxílio ao produtor rural em seus processos de adubação. Sua eficiência e economia estão entre as principais vantagens, além da possibilidade de aplicação de nutrientes em quantidades menores e com maior frequência, o que permite a manutenção de teores adequados no solo durante todo o ciclo da cultura (SENAR, 2019).

A fertirrigação pode ser realizada através da adição de compostos nutritivos na água, ou através da reuso de efluente tratado proveniente de indústrias alimentícias. No presente trabalho, o efluente tratado proveniente de um laticínio, foi escolhido como opção, pois dessa forma possibilita o aproveitando dos nutrientes, quais seriam apenas direcionados em um rio, não obtendo maiores fins. A emissão de efluentes é fiscalizada com base na portaria FEPAM N° 68, DE 08/07/2019, a qual dispõe sobre os critérios para disposição final de efluentes líquidos sanitários e efluentes líquidos industriais em solo no Estado do Rio Grande do Sul.

A aplicação de efluentes tratados é identificada como uma forma de auxiliar a adição de nutrientes e o equilíbrio dos mesmos, visando também, a economia de água na agricultura. Apresentando-se de forma favorável, necessita-se também verificar os impactos ambientais que a disposição desse efluente pode acarretar no solo, caso seja feita de forma irregular. Para que se possa obter um perfil completo da aplicação e medidas preventivas, denota-se o risco de ocorrer no solo a salinização, acúmulos de compostos orgânicos e metais pesados, erosão do solo e presença de compostos do efluente em águas subterrâneas, dentre outros impactos possíveis, perante às características de efluentes tratados.

O efluente tratado que foi pautado neste trabalho, apresenta bons níveis de nutrientes, se tornando uma interessante escolha. Para a aplicação do efluente tratado no

solo, deve seguir-se a resolução CONAMA nº 503, de 14 de dezembro de 2021, a qual dispõe dos parâmetros e limites que devem ser levados em consideração para serem aplicados na fertirrigação.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo avaliar a aplicabilidade do uso de efluentes tratados, provindo de um laticínio, através da fertirrigação em uma área agrícola do município de Marau, Rio Grande do Sul.

1.1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a área de interesse;
- Determinar a taxa máxima de aplicação;
- Dimensionar o sistema de fertirrigação;
- Realizar o estudo da viabilidade econômica e ambiental do processo de fertirrigação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Caracterização de efluentes industriais tratados

Perante a finalidade deste efluente ser de uso agrícola, se torna indispensável a caracterização do mesmo, para que se identifique os potenciais malefícios e benefícios, possibilitando assim a realização dos ajustes necessários para a fertirrigação. Como princípio de medidas avaliativas, tem-se como foco as propriedades físicas, químicas e biológicas, bem como identificar efluentes com características patogênicas determinando assim, o destino mais adequado para o mesmo. Para que se realizem as análises, será coletada uma amostra e enviada a um laboratório especializado, que segue a uma legislação específica.

Como requisito principal, analisa-se a fonte de geração do efluente e seus compostos. Tendo em vista que a mesma é uma indústria de alimentos lácteos, a utilização de água nos processos de produção de alimento é responsável por gerar grandes quantidades de efluentes líquidos, que antes de serem lançados nos rios e lagos, precisam ser tratados. Uma das indústrias alimentícias que mais contribuem na geração desses efluentes líquidos são os laticínios. De acordo com Mendonça et al. (2015) os volumes de efluentes gerados por uma pequena fábrica de lácteos, que processa até 10 mil litros de leite por dia pode ser três vezes o volume de leite processado.

Os métodos físico-químicos e biológicos são alternativos para se tratar os efluentes, todavia, os métodos físico-químicos apresentam um alto custo com relação ao seu reagente. Portanto, os métodos biológicos aeróbios e/ou anaeróbios são as alternativas mais utilizadas (VIDAL et al., 2000). A eficiência do processo depende das interações entre as diversas espécies bacterianas e ainda das condições específicas de operação, como temperatura, pH e tipo de substrato, entre outros (CAMPOS, 2004).

As características dos efluentes de laticínios são: alto teor de matéria orgânica, elevada concentração de óleos e graxas, altos teores de nitrogênio e fósforo, grandes variações no pH, alta condutividade, e variações na temperatura (MEGANHA, 2007). Tais características deste efluente o tornam de difícil degradação, principalmente em função da presença de gorduras emulsionadas em sua composição. Além disso, tais efluentes são nutricionalmente desbalanceados em relação a microrganismos envolvidos em sua degradação (SPEECE, 1996).

Considerando as características desse efluente, bem como a emissão do mesmo em recurso hídrico, leva-se em consideração para verificar a efetividade de seu tratamento, a Resolução CONSEMA nº 355/2017, a qual *dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul*.

Perante a atual situação hídrica, torna-se de suma importância o aproveitamento de efluentes tratados como fonte de fertilizantes, desta forma é necessário, que os mesmos sigam a portaria FEPAM Nº 68, DE 08/07/2019, a qual *dispõe sobre os critérios para disposição final de efluentes líquidos sanitários e efluentes líquidos industriais em solo no Estado do Rio Grande do Sul*.

2.2 Caracterização do solo

O processo de formação dos solos é chamado de pedogênese e ocorre principalmente em razão da ação do intemperismo, responsável pelo desgaste de uma rocha original (rocha mãe) e sua gradativa transformação em sedimentos, que dão origem ao material que compõe os solos. Nesse sentido, é importante e necessário observar que a característica dos solos, o seu tempo de constituição, a sua profundidade e sua estrutura estarão relacionados com os elementos atuantes nesse processo, chamados de fatores de formação dos solos são, o material de origem, o relevo, os organismos vivos, o clima e o tempo (PENA RODOLFO, 2022), devendo-se sempre lavar em consideração que o mesmo está sob constante mudança, inclusive devido sobre atividades humanas.

Perante a isso, o solo é constituído por três fases, tais como sólida, líquida e gasosa. A fase sólida é constituída pelo material parental (rocha) local ou transportado e material orgânico, originário da decomposição vegetal e animal. A fase líquida, a água ou a solução do solo (elementos orgânicos e inorgânicos em solução), e a fase gasosa, de composição variável, de acordo com os gases produzidos e consumidos pelas raízes das plantas e dos animais (CO₂ e O₂) (CETESB,2022). Dentre essas fases, o solo possui elementos minerais que são fundamentais para as plantas, caracterizados como macro e micronutrientes. Os, macronutrientes os que compõem, N, P, K, Ca, Mg e S, estes e são exigidos em maiores quantidades (em quilogramas/hectare) pelas culturas. Já os elementos chamados micronutrientes, compõem B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, (Si) e (Ni), e são exigidos em menores quantidades (em gramas/hectare) pelas culturas (EMBRAPA,2022). A composição do solo, e o estudo dos mesmos torna-se fundamental para acompanhar o seu

desempenho durante plantios, visando a sua fertilidade, capacidade de desenvolvimento das plantas, capacidade de interação com nutrientes químicos, bem como do controle erosivo.

2.3 Fertirrigação

A necessidade de aumentar a produção por área para ganhar competitividade no mercado e garantir a produtividade sem degradar o meio ambiente tem exigido que o conhecimento detalhado das variáveis envolvidas no sistema de produção seja cada vez maior. Neste sentido, conhecer a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo é fundamental, principalmente quando existe a possibilidade de otimização de recursos para a produção (VARASCHINI ANDRÉ, 2012).

Considera-se que a fertilidade do solo seja um dos principais fatores responsáveis pela baixa produtividade das áreas destinadas para a produção de grãos. Isto pode ocorrer em função das adubações utilizadas não suprirem as quantidades exportadas de nutrientes. Por isso as quantidades de nutrientes necessários para uma determinada cultura devem ser observadas a partir da análise de solo e podem ser estabelecidas pela quantidade de nutrientes retirados pelos grãos (VARASCHINI ANDRÉ, 2012).

A fertirrigação é uma técnica que vem ganhando cada vez mais espaço na agricultura e pecuária. O motivo, é sua aplicação mais eficiente e econômica de fertilizantes e água no solo (MORAES MICHELLY, 2021). No presente trabalho foi utilizado na fertirrigação o efluente industrial tratado, visando contribuir com o meio ambiente. Desta forma, uma análise detalhada deste efluente deverá ser feita, para tanto, se realizará a coleta do efluente no ponto de inspeção do mesmo, onde já terá passado por todas as etapas de tratamento.

Dentre os métodos de irrigação mais utilizados, destacam-se os sistemas pressurizados, principalmente os sistemas de irrigação por aspersão. Nesses métodos, os jatos de água são lançados ao ar e caem sobre a cultura na forma de precipitação. São os sistemas mais utilizados para pastagens e de grandes culturas, porém apresenta restrições para algumas culturas específicas, como por exemplo, o tomate.

A formação de uma lamina de água na folha, pode ocasionar problemas fitossanitários. Os métodos de irrigação por aspersão mais utilizados são: Aspersão Convencional e Mecanizada (TESTEZLAF ROBERTO, 2017).

2.4 Culturas aptas

As necessidades nutricionais de qualquer planta são determinadas pela quantidade de nutrientes que esta extrai durante o seu ciclo. Esta extração total dependerá, portanto, do rendimento obtido e da concentração de nutrientes nos grãos e na palhada. Assim, para a produção de grãos é necessário colocar à disposição da planta a quantidade total de nutrientes que esta extrai, e que devem ser fornecidos pelo solo e através de adubações. As características genéticas, condições edafoclimáticas e técnicas de cultivo podem diferenciar o crescimento e desenvolvimento da planta, bem como a composição e a qualidade do grão, onde o somatório destes fatores proporciona uma translocação eficiente para os grãos em desenvolvimento (VARASCHINI ANDRÉ, 2012).

A cultura que recebe efluente deve ser escolhida considerando-se o tipo do efluente e seu tratamento antes da aplicação, por exemplo, segundo FERREIRA, A.C. et al,1999, a presença de patógenos é indesejada, quer pelos riscos às pessoas que efetuam a sua manipulação, quer pela sobrevivência dos microrganismos patogênicos após sua aplicação e a contaminação das partes das culturas que mantêm contato direto. Além disso, culturas que são consumidas in natura como por exemplo, hortaliças e olerícolas, devem ter uma maior restrição com relação ao uso dos efluentes, pois as mesmas podem ser um caminho para a contaminação de quem se alimenta delas (MELO ANDRÉ, 2016).

Já os tipos de cultura que passam por processo industrial antes de se tornarem produtos, seja ele alimento ou não, podem ser considerados aptos a receberem altos volumes de efluentes não tratados como fertirrigação. Um exemplo deste tipo de cultura é a cana-de-açúcar, sendo boa parte dela transformada em combustível. Entre as culturas mais produzidas no Brasil, a cana-de-açúcar ocupa o terceiro lugar em relação à área plantada, ficando atrás da soja e do milho (MELO ANDRÉ, 2016).

O efluente em contexto do atual trabalho é industrial e tratado, o mesmo, contém elevadas cargas de nutrientes, sugerindo-se como plantio gramíneas. As mesmas consistem em uma família de plantas de porte pequeno e possuem folhas em formato de lâminas. Geralmente, esta vegetação possui muitas raízes e o caule oco. Além disso, elas auxiliam na preservação dos solos, são excelentes fontes de carbono e podem ser encontradas em uma variedade enorme, sobrevivendo em diferentes tipos de clima e relevo (GALL JOANA, 2019).

2.5 Taxa de aplicação

A taxa de aplicação diz respeito a quantidade de efluente tratado que poderá ser aplicado no solo. Para que isso seja realizado, deve-se fazer o cálculo de taxa envolvendo as composições física, química e biológicas do efluente e do solo, analisando sempre as características da cultura a receber esses nutrientes, bem como suas necessidades.

Os cálculos de taxa de aplicação devem ser feitos para que evite problemas ambientais como a lixiviação de compostos para as águas subterrâneas, erosão dentre outros (MELO ANDRÉ, 2016).

2.6 Legislação de aplicação agrícola de efluentes industriais

Devido as atividades de emissões e aplicações de efluentes tratados de laticínios, é obrigatório seguir legislações. As mesmas têm a finalidade de proteger o meio ambiente garantindo a qualidade dos recursos hídricos receptores, bem como a do solo.

Relacionados ao solo, a portaria FEPAM N° 68 DE 08/07/2019, aborda a atividade de disposição final de efluentes líquidos sanitários e efluentes líquidos industriais, bem como os critérios para esta atividade no Estado do Rio Grande do Sul.

Ao longo da mesma, denota-se alguns valores referentes aos padrões de qualidade, de importante citação na presente pesquisa, apresentados no artigo 9°.

Art. 9° A disposição de efluentes em solo deverá atender aos seguintes padrões de qualidade:

Tabela 1: Padrões de qualidade.

Faixa de Vazão do Efluente (m ³ /d)	DBO	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	pH	Óleos e Graxas Mineral (mg/L)	Óleos e Graxas Vegetal ou Animal (mg/L)
Q < 200	120	330	140			
200 ≤ Q < 500	100	300	100	6 a 9	10	30
500 ≤ Q < 1.000	80	260	80			

$1.000 \leq Q < 2.000$	70	200	70
$2.000 \leq Q < 10.000$	60	180	60
$10.000 \leq Q$	40	150	40

Fonte: FEPAM.

Para tanto, a atividade de fertirrigação também exige padrões, para que a aplicação do efluente no solo ocorra de forma segura ao meio ambiente. Tais padrões se encontram na resolução CONAMA Nº 503, DE 14 DE DEZEMBRO DE 2021, a qual define critérios e procedimentos para o reúso em sistemas de fertirrigação de efluentes provenientes de indústrias de alimentos, bebidas, laticínios, frigoríficos e graxarias.

Art. 4º A caracterização do efluente para reúso em sistemas de fertirrigação deve ser realizada antes da primeira aplicação e, após, anualmente, considerando-se estabilizado caso atenda aos seguintes parâmetros e valores máximos:

I - pH: entre 5 e 9;

II - óleos e graxas: óleos minerais: até 20 mg/L; óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L;

§ 2º O uso de efluentes industriais com ou sem mistura com esgoto sanitário deverá ser precedido de análise microbiológica conforme a tabela a seguir:

Tabela 2: Frequência de monitoramento.

Aplicação	Parâmetro	Valor Máximo Permitido (UFC ou NMP/100mL)	Frequência de Monitoramento
Alimentos consumidos crus e cuja parte comestível	<i>E. Coli</i>	1.000	Bimestral
Tenha contato com o solo			
Outras culturas e pastagens	<i>E. Coli</i>	10.000	Trimestral

Fonte: CONAMA.

Parágrafo único. Para fins da verificação referida no inciso I do caput deste artigo, deverão ser considerados os valores constantes da tabela a seguir, não devendo ultrapassar 80% do valor máximo constante na classificação Alto:

Tabela 3: Valores constantes.

Elemento	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Nitrogênio (g/dm ³)	***	0 a 7,9	8,0 a 14,9	≥ 15,0	***
K (mmolc/dm ³)	0 a 0,7	0,8 a 1,5	1,6 a 3,0	3,1 a 5,9	≥ 6,0
P (mg/dm ³)	0 a 5,9	6,0 a 14,9	15,0 a 40,0	41,0 a 79,9	≥ 80,0
S-SO ₄ ²⁻	***	0 a 4,9	5,0 a 9,9	≥ 10,0	***

Fonte: Adaptado de VAN RAIJ et al., Boletim Técnico N° 100 - Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo, 1996.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para definir os materiais e métodos aplicados, levou-se em consideração que o foco do trabalho se dar entorno da viabilidade da aplicação de efluentes tratados em lavouras agrícolas. Desta forma, o trabalho seguirá o fluxograma abaixo, o qual indica os processos do trabalho, até a posterior conclusão.

Figura 1: Processos do trabalho de conclusão de curso.



Fonte: Autor, 2022.

3.1 Caracterização da área de interesse

Para a caracterização da área de interesse do presente trabalho, foram utilizados os *softwares* de mapeamento, ArcMap e Global Mapper, bem como o uso de informações retiradas do site do sistema de Infraestrutura Nacional de dados Espaciais (INDE), afim de obter dados da área já predefinida por sua característica plana, com os mesmos, foram elaborados mapas e estudos referentes as seguintes situações:

- **Localização da área de estudo** – Traz dados referente a localização, limites territoriais e características do município em que se encontra o presente estudo;

- **Caracterização do regime climatológico** – Descreve dados de soma importância sobre a temperatura, insolação e a precipitação pluviométrica local, com esses é possível realizar o estudo da viabilidade de implantação.
- **Hidrografia** – Descreve os recursos hídricos presentes perto da área, bem como a distância e se irá existir riscos em caso de escoamento superficial.
- **Laudo geológico para atividade de fertirrigação** – Descreve dados sobre a profundidade do perfil do solo, da permeabilidade, bem como a caracterização do solo da região, com isso possibilitando chegarmos a um dado sobre a capacidade de infiltração no solo;

Para analisar a pluviometria da área de estudo do presente trabalho foram retirados dados do Portal HidroWeb que é uma ferramenta integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), esse mesmo acumula dados de séries históricas de pluviometria, através dessa foi possível gerar uma média de chuvas mensal e saber o percentual que a fertirrigação irá influenciar na pluviometria local.

3.2 Determinação da taxa máxima de aplicação

A determinação da taxa máxima de aplicação se faz necessária para saber qual será o volume máximo que o solo irá suportar, sem que ocorra aplicações em excesso ou a saturação do mesmo.

Para realizar os cálculos da taxa de aplicação máxima durante um ano, levará-se em conta as culturas que serão implementadas no inverno, como trigo aveia e azevém, e para o verão milho e soja, visando as necessidades de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg). Tendo como base as análises laboratoriais do efluente, pode-se identificar se haverá o suprimento macronutricional da plantação, bem como o macronutriente que tiver a maior disponibilidade de aplicação. Através desses fatores será calculada a quantidade total de cada elemento por quilograma de solo, ignorando a absorção das culturas, perante a opção de não haver culturas implementadas no local.

A aplicação utilização de efluentes na fertirrigação é uma ótima ferramenta em para redução de custos de produção e aumento na eficiência de utilização de fertilizantes. Se mal conduzida, pode criar condições químicas de solo desfavoráveis em curto espaço de tempo, devido à aplicação localizada. Entretanto, uma fertirrigação bem conduzida gera o aumento da adaptação radicular à área molhada e melhoria da qualidade do solo, o que pode ser uma meta de manejo (MACHADO CARMELLO, 2004).

3.3 Dimensionamento do sistema de fertirrigação

As formas adequadas para a aplicação do efluente são fundamentais para o sucesso do empreendimento com agricultura irrigada, e nessa escolha, seus fatores devem ser considerados, pois cada situação apresenta características particulares as quais devem ser estudadas através de cálculos sugerindo-se soluções, para compensar as possíveis limitações naturais (SILVA VITAL, 2022).

Foi utilizado Software Google Earth Pro para elaboração da ilustração do sistema de irrigação por aspersão e para determinar as coordenadas UTM da área. Para o dimensionamento do sistema serão realizados os seguintes cálculos:

- **Verificação da irrigação rela necessária (IRN)** – Visando definir da lâmina d'água necessária pela cultura a ser suprida pelo processo de irrigação, utiliza-se a equação 01.

$$IRN = 0,1 \times (Ucc - UPpm) \times d \times z \times f \quad (01)$$

Sendo:

Ucc: Umidade do solo na capacidade de campo (%);

UPmp: Umidade do solo no ponto de murcha permanente (%);

d: Densidade do solo (g/cm³);

z: Profundidade efetiva do sistema radicular (cm);

f: Fator de disponibilidade hídrica (0,6);

- **Turno de regra (TR)** – O turno de regra define o intervalo de irrigação necessária, baseado na lâmina de IRN aplicada e a evapotranspiração das culturas existentes. Desta forma, aplica-se a Equação 02 para a definição deste intervalo.

$$TR = \frac{IRN}{ET_{pc}} \quad (02)$$

Sendo:

IRN: Irrigação rela necessária (mm);

ET_{pc}: Evapotranspiração da cultura (mm/dia);

Após ter adquirido os dados da IRN e TR, foi possível fazer a escolha da quantidade de aspersores que se fará necessário para a área, bem como dimensionar todo o sistema, considerando o tamanho ideal para bomba de sucção e também as perdas do sistema.

3.4 Viabilidade econômica e ambiental do processo de fertirrigação

O estudo de viabilidade econômica tem a finalidade de avaliar de uma forma geral o projeto, visando indicar a possibilidade de implementação, possíveis ajustes ou por fim a sua inviabilidade. Diante a isso, o presente trabalho necessita de informações a respeito de orçamento de materiais, financiamentos, custo de energia, retorno econômico de macronutrientes e payback.

O conjunto de informações citadas no estudo, possibilitará as projeções e a visualização em números do projeto, com perspectivas através de cenários tanto otimistas como pessimistas, ou seja, tanto de lucros a longo ou curto prazo, quanto gastos com investimentos. Isso permitirá que o responsável por ele defina diretrizes e estratégias de forma segura e com projeção de faturamento (SANTOS BEATRIZ, 2021).

Perante ao presente trabalho de conclusão de curso, a viabilidade deve se dar tanto econômica quanto ambiental, desta forma é de suma importância que os dois fatores andem positivamente juntos, pois é através disso que será gerado o payback da atividade de fertirrigação por aspersão convencional. Nesta análise, será desconsiderado o benefício do aumento de produtividade, pois diminui os efeitos prejudiciais em tempo de escassez de chuvas.

Assim, a determinação da viabilidade ambiental, ocorre pela consideração de efeitos positivos ou negativos que a presente atividade trará ao meio ambiente, pelo fator positivo da atividade, tem-se a quantificação da carga poluidora que deixará de ser disposta em recursos hídricos locais, bem como em melhorias para o solo, pelo fator negativo tem-se a disposição do efluente ao solo de formas irregulares, gerando contaminações.

Mediante as atividades de fertirrigação serem provenientes de efluentes tratados, o responsável por fontes de atividades de potencial poluição ou atividades de efetiva poluição hídrica deve apresentar ao órgão ambiental competente, uma declaração de carga poluidora anualmente, referente ao ano civil anterior, subscrita pelo administrador principal da empresa e pelo responsável técnico devidamente habilitado, acompanhada da respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica (FEPAM, 2005).

Foram identificadas as quantidades de poluentes transportados ou lançados em corpo de água receptor, expressa em unidade de massa por tempo, e através dessa quantidade, na Equação 03, será obtida a quantidade de cargas poluidoras que deixarão de ser emitidas em recursos hídricos anualmente.

$$CT = Qm \times Cm \times Nd \quad (03)$$

Sendo:

CT: Carga total poluidora (t/ano);

Qm: Vazão média (m³/dia);

Cm: concentração média (mg/L);

Nd: Número de dias (dias/ano).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

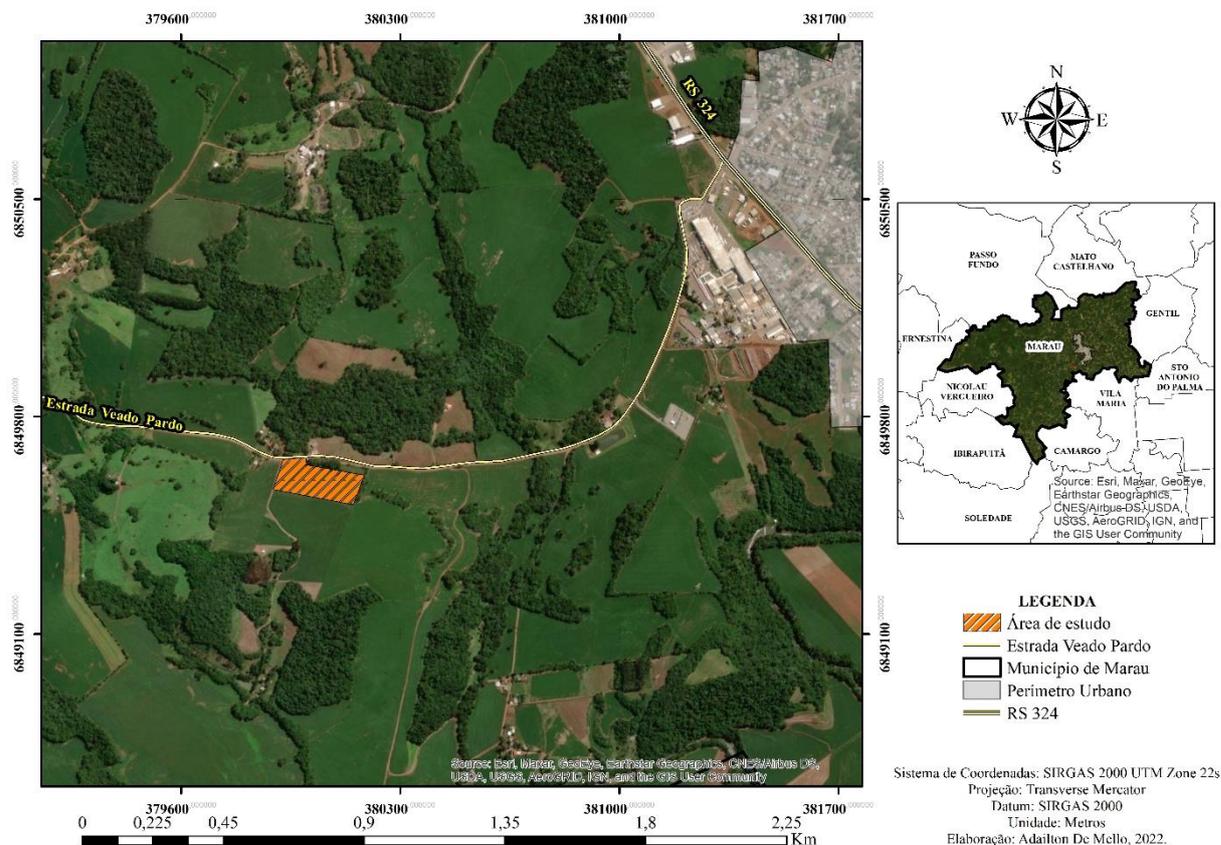
Para a elaboração deste estudo, analisou-se as áreas passíveis de aplicação por irrigação por aspersão convencional em áreas agrícolas próximas ao empreendimento gerador. Estabeleceu-se verificações topográficas e com áreas limites de aplicação, respeitando zonas de vulnerabilidade como áreas de preservação permanente. O uso de efluentes tratados para fins de irrigação apresenta-se como justificativa plausível no item 3.2.3 da Diretriz Técnica da FEPAM nº 05/2017.

4.1.1 Localização da área de estudo

Segundo o Plano de Saneamento Básico de Marau (2019), o município de Marau localiza-se na Região do Planalto Médio, e pertence à Associação de Municípios do Planalto – AMPLA, possuindo uma população estimada em 2015 de 40.174 pessoas. Marau limita-se ao Norte com Passo Fundo e Mato Castelhano, ao Sul, com Vila Maria, Camargo e Soledade, ao Leste com Gentil e Santo Antônio do Palma, a Oeste com Nicolau Vergueiro, a Noroeste com Ernestina e a sudoeste, com Ibirapuitã. Está localizada a uma distância de 265 km da capital do Estado.

O presente trabalho foi realizado em uma área agrícola de 26.800,00 m² localizada na Linha Veado Pardo no Município de Marau – RS, nas coordenadas UTM: Zona 22, de Latitude 6849588.25 m S e longitude 380023.60 m E, como pode se observar na Figura 2.

Figura 2: Mapa de localização da área de estudo no município de Marau.



Fonte: Autor, 2022.

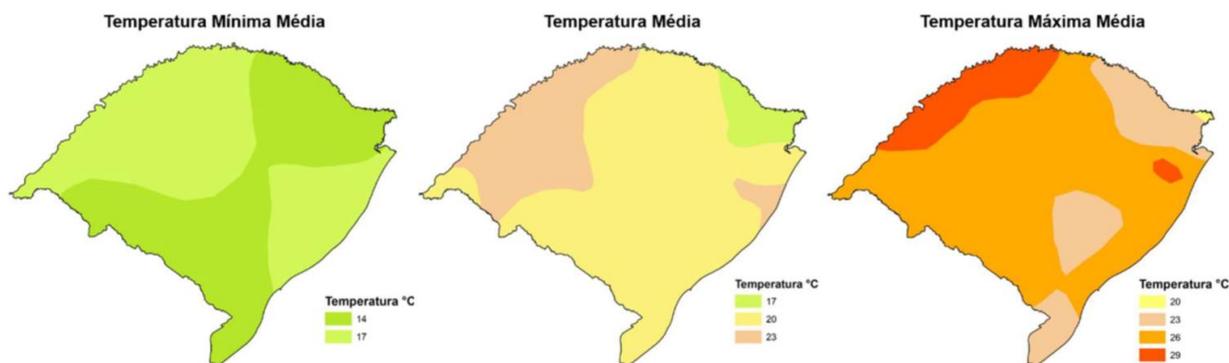
4.1.2 Caracterização do Regime Climatológico Regional

4.1.2.1 Temperatura

As temperaturas no Rio Grande do Sul, apresentam diferenças em cada região, seus valores oscilam principalmente em função da altitude, do relevo e da continentalidade. Os valores mais baixos de temperatura são normalmente verificados no topo do Planalto Basáltico (nordeste do Rio Grande do Sul), a sudoeste na Cuesta do Haedo, parte da Depressão Central, do Escudo Sul-Riograndense e do Litoral Sul. Na localização onde a área de interesse situa-se, a temperatura mínima média se encontra entre 11°C e 14°C e a temperatura máxima média entre 23°C e 26°C, sendo que a temperatura média oscila entre 17°C e 20°C (ROSSATO, 2011).

Segundo os dados levantados pela Estação Meteorológica da Embrapa, localizada em Passo Fundo, é possível identificar na Figura 3 as variações de temperatura nas regiões do estado.

Figura 3: Rio Grande do Sul – Variabilidade espacial da temperatura mínima média (a), temperatura média (b) e temperatura máxima média (c), respectivamente para 1970-2007.



Fonte: Adaptado de Rossato (2011).

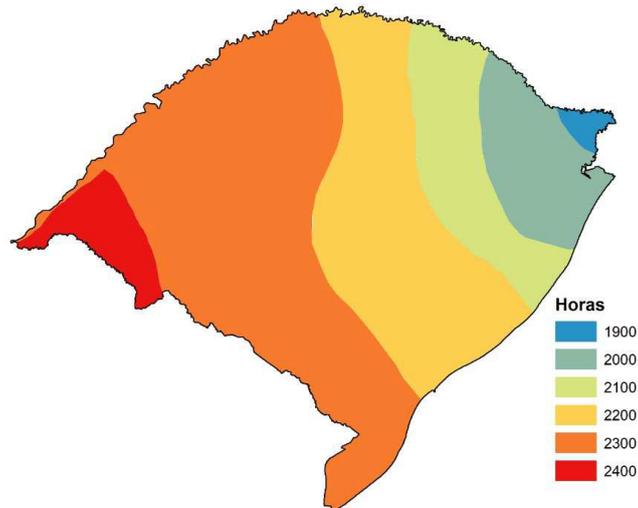
4.1.2.2 Insolação

Insolação é o termo que se refere a quantidade de horas em que a luz solar entra em contato com a superfície terrestre, sem interferência de nuvens. Os valores referentes a insolação variam conforme a latitude e a nebulosidade (Serviço Geológico do Brasil, 2014).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia (IBGE), perante as características superficiais do Rio Grande Do Sul, denota-se a presença do Planalto Basáltico, constituído de encostas, as quais agem como obstáculos à penetração dos ventos úmidos. Fator que favorece a formação de nuvens pela descompressão adiabática proporcionando a existência de uma floresta bem densa, gerando a variações na insolação regional.

Perante as características da região, a distribuição de nuvens sempre ocorre de forma semelhante, variando-se em sua quantidade. Na Figura 4 constata-se, que o sentido de sua distribuição vai do Sudoeste, caracterizado pela cor vermelha, ao nordeste, caracterizado pela cor azul, no sentido do maior para o menor, bem como distribuição do total de horas de insolação no estado.

Figura 4: Variabilidade da insolação no estado do Rio Grande do Sul, 1970-2007.



Fonte: Adaptado de Rossato (2011).

Denota-se na figura acima, a cidade de Marau, encontra-se na região de insolação referente a 2100 e 2200 horas de sol ao ano.

4.1.2.3 Precipitação pluviométrica

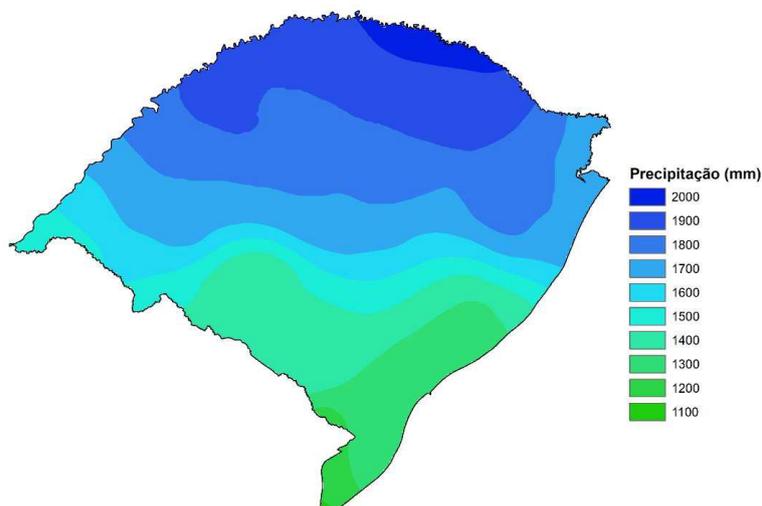
A precipitação pluviométrica caracteriza-se pelo volume de chuva que cai em um determinado local, medido através de um aparelho chamado pluviômetro (SGB, 2014).

Os totais anuais de chuva são variáveis e, nesse sentido, pode-se notar que as regiões de maior altitude recebem maior quantidade de chuva, devido a influência em conjunto dos sistemas atmosféricos, formas do relevo, e correntes marítimas.

No Rio Grande Do Sul, os regimes térmicos e pluviométricos resultam da influência geral do mecanismo de quatro massas de ar que aí atuam, tais como Equatorial Continental (Ec), Polar Atlântica (Pa), Tropical Atlântica (Ta) e Tropical Continental (Te). Perante a isso, denota-se que ao norte da região, predominam as chuvas de verão, por influência da Ec, na sua parte meridional, prevalecem as chuvas de outono-inverno, devido aos avanços da massa polar e na parte intermediária há transição entre os dois regimes considerados (IBGE,1968).

A de precipitação média anual, ocorre no sentido norte, representado pela cor azul, em direção ao sul, representado pela coloração verde, distribuindo-se de forma decrescente, como consta-se na Figura 5.

Figura 5: Variabilidade anual do total de precipitação pluviométrica no Rio Grande do Sul, 1970-2007.



Fonte: Adaptado de Rossato (2011).

O município de Marau, situa-se na região pluviométrica média de 1900 mm, o alto volume de precipitação está associado ao conjunto de características ambientais, principalmente relacionados a altitude. Abaixo, na Tabela 4, apresentam-se series históricas pluviométricas, levantadas de janeiro de 2010 a março de 2021.

Tabela 4: Dados históricos do índice pluviométrico da região.

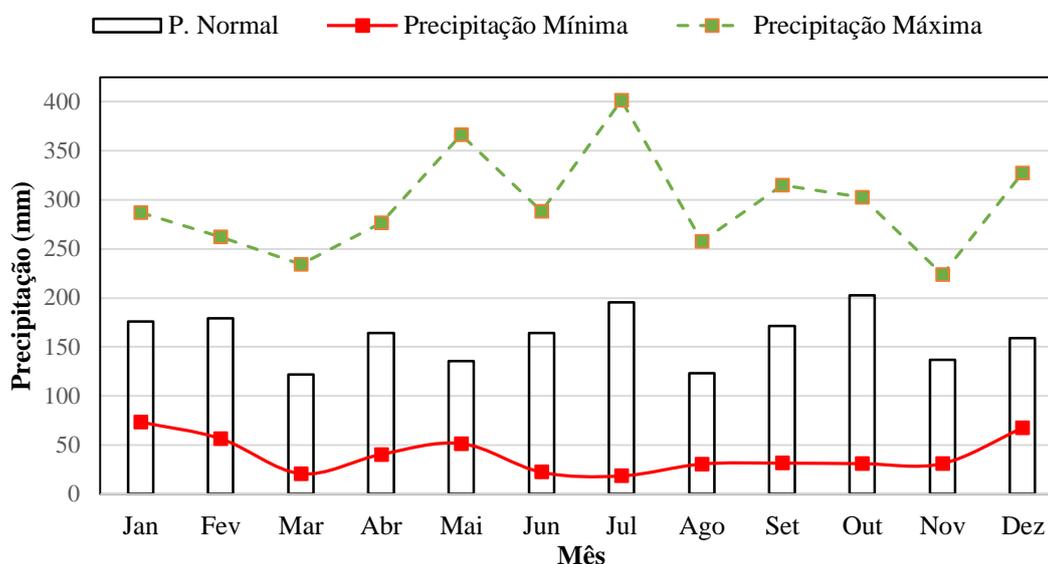
SÉRIES HISTÓRICAS DE PLUVIOMÉTRICAS												
	Anos											
Mês	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Jan	229,3	146,7	73,4	127,6	183	287,1	150,3	186	152,3	192,8	171,6	180
Fev	201,8	177,9	87,7	180,7	192	151,5	262,4	184,6	128	204,6	76,3	56,4
Mar	69,4	232,6	155,1	0	234,5	96,1	198,5	149,9	130,8	112,8	20,9	111
Abr	225,1	102,5	0	103,8	174,4	164,4	198,1	276,3	64,4	192,8	40,5	
Mai	135,7	109,5	51,6	92,9	234,5	186,9	70,2	366,6	94	261,2	146	
Jun	139,9	237,8	164,4	138,9	288,5	164,1	22,4	178,8	165,6	32,1	199,4	
Jul	195,3	347,1	230,1	55,9	104,6	307,9	204	18,6	108,3	121,5	401,3	
Ago	65,3	257,9	30,7	389,7	155,8	50,7	163,2	135,6	123,4	51	88,3	
Set	314,7	68,7	171,5	192,2	244,3	230,8	52,1	113,2	243,8	89,4	105,7	
Out	155,1	196,1	216,3	202,9	183,7	258,1	412,9	0	280,8	302,4	31,6	

Nov	137,2	68,8	31,1	118,8	164,7	165,4	67,8	162,3	223,7	139,4	75,4	
Dez	205,4	66,8	207	67,3	263,8	327	158,9	129,4	191,9	83,5	125,3	
Total	2074	2012	1419	1671	2424	2390	1961	1901	1907	1784	1482	348
Média	173	168	118	139	202	199	163	158	159	149	124	116

Fonte: Autor, 2022.

Conforme observado na Tabela 4, houve diversas variações entre mesmos períodos em diferentes anos. Para tanto, recomenda-se a verificação de vazões de máximas, mínimas e médias para mesmo período. A Figura 6 apresenta este diferencial pluviométrico abaixo existente.

Figura 6: Visualização gráfica do diferencial pluviométrico.



Fonte: Autor, 2022.

4.1.3 Hidrografia

O município conta com três rios sendo banhado pelo Rio Marau ao Leste e Sul, seu deságue acontece no Rio Capingüi o qual é afluente do rio Guaporé. Os principais afluentes do Rio Marau são os arroios Cesteada e Marauzinho. Completando a hidrografia municipal tem se o Rio Jacuí, o qual alimenta a barragem de Ernestina. A área em estudo na presente pesquisa está a aproximadamente 700 metros do ponto mais próximo de recurso hídrico como se observa na Figura 7.

Figura 8: Localização dos pontos de sondagem e Ensaios de Infiltração.



Fonte: Autor, 2022.

Tabela 5: Coordenadas planas dos pontos onde foram realizadas as sondagens e profundidades do solo.

Ponto	Coordenadas Planas (UTM)		Profundidade (m)	Nível da Água
	Longitude (UTM)	Latitude (UTM)		
S01	379950.80 m E	6849623.59 m S	2,8 m	Ausente
S02	379983.62 m E	6849561.55 m S	3,0 m	Ausente
S03	380089.93 m E	6849589.55 m S	2,7 m	Ausente
S04	380126.58 m E	6849536.69 m S	3,5 m	Ausente

Fonte: Autor, 2022.

Conforme observado na Tabela 5, a profundidade do solo da área de interesse apresentou variação de 2,7 a 3,5 sendo encontrado rochas abaixo destes pontos.

No estudo técnico, conclui-se sobre a caracterização geológica e física da área como solos estáveis, sendo que as áreas não são suscetíveis aos riscos geológicos definidos como erosões, escorregamentos, subsidências ou movimentação de solo. Quando aos perfis,

verifica-se a existência de horizontes bem homogêneos, com uma espessura de mais de 2 metros no horizonte B, seguido pelo horizonte A, em todas as sondagens realizadas.

Não se observou o afloramento do lençol freático em nenhuma sondagem realizada, tornando a vulnerabilidade dos aquíferos baixa.

4.1.4.2 Ensaios de permeabilidade

Os ensaios de permeabilidade realizados seguiram a metodologia exposta no anexo A da norma da ABNT-NBR-13969/1997.

Tabela 6: Valores de percolação obtidos.

Nome	Tempo de Percolação (min/m)	Volume Percolado (m ³ /m ² /dia)	Taxa de Aplicação (mm/dia)
Ponto 01	750	0,048	48
Ponto 02	750	0,048	48
Ponto 03	750	0,048	48
Ponto 04	1000	0,042	42
Ponto 05	750	0,048	48
Ponto 06	1000	0,042	42
Ponto 07	750	0,048	48
Ponto 08	750	0,048	48
Média	812,5	0,0465	46,5

Fonte: Autor, 2022.

Segundo os ensaios obtidos o solo da área de interesse apresentou uma capacidade de infiltração variando de 42 a 48 mm/dia.

4.1.4.3 Análise topográfica

A topografia do município varia entre as cotas mínimas de 325 metros acima do nível do mar nas regiões dos rios a cotas máximas de 875 metros, apresentando notável diferença de topografia, já no local de estudo até o recurso hídrico mais próximo existe uma distância de 700 metros e uma diferença de cotas topográficas em torno de 50 metros, desta maneira é possível chegar a declividade do local através da Equação 04 representada a seguir.

$$d = \frac{DV}{DH} \times 100 \quad (04)$$

Sendo:

d = Declividade

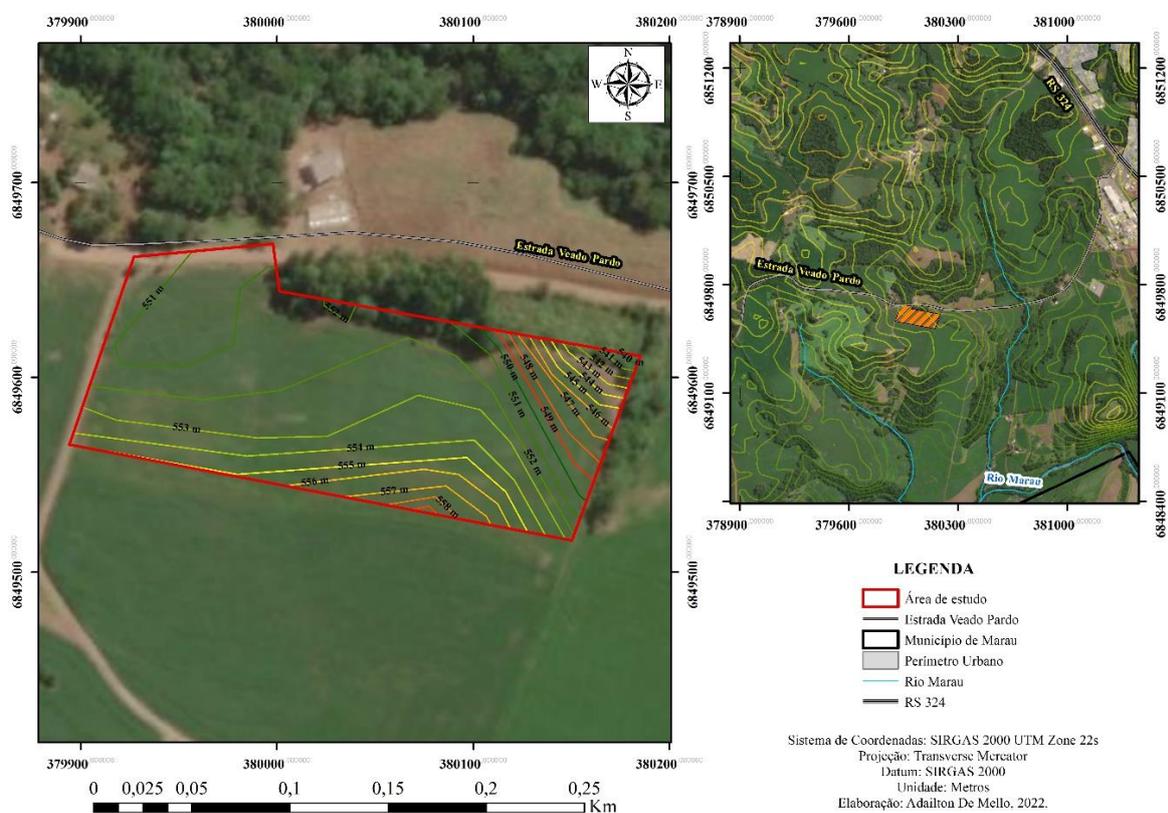
DV = Diferença de nível

DH = Distancia Horizontal

$$d = \frac{50}{700} \times 100 = 7,14\%$$

A declividade da área em estudo até o curso hídrico mais próximo é de 7,14%, é um ponto positivo pois dificilmente irá haver deslocamento de efluente tratado para o mesmo. Na Figura 9 está representada a topografia da área em estudo, a mesma apresenta uma diferença de cotas de 19 metros do ponto mais alto para o ponto mais baixo, com uma declividade máxima de 14%.

Figura 9: Mapa Topográfico da área de estudo no município de Marau.

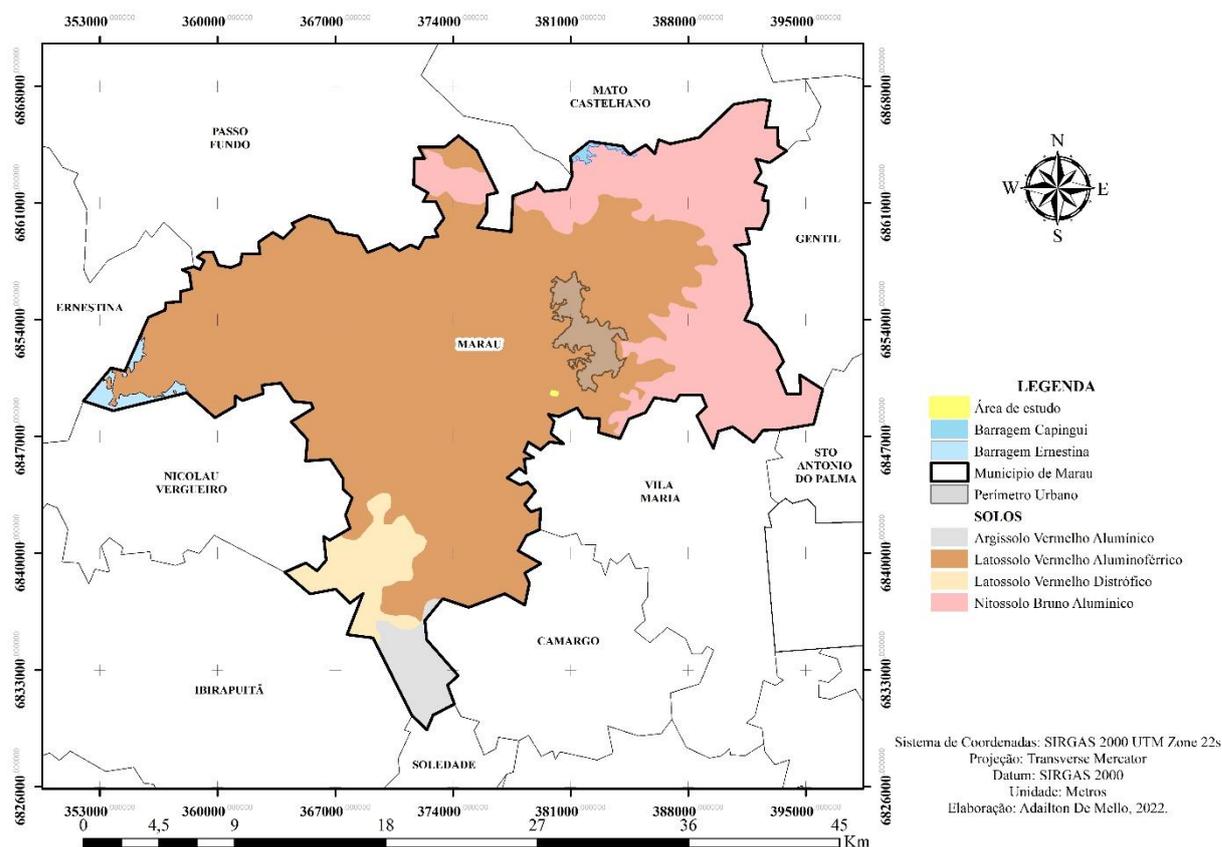


Fonte: Autor, 2022.

4.1.4.4 Solo da região

Segundo dados obtidos do site de Infraestrutura Nacional de dados Espaciais (INDE, 2020), a estrutura geológica do seu solo de Marau, é de arenito-basáltico, e é composto predominantemente por Solo Latossolo Vermelho Aluminoférrico, bem como, o Nitossolo Bruno Alumínico, Argiossolo Vermelho Alumínico e Latossolo Vermelho Distrófico. Na Figura 10 a seguir, está ilustrado os tipos de solo do município de Marau, ressaltando que na área em estudo a classificação do solo é Latossolo Vermelho Aluminoférrico.

Figura 10: Mapa Pedológico da área em estudo no município de Marau.



Fonte: Autor, 2022.

4.2 DETERMINAÇÃO DA TAXA MÁXIMA DE APLICAÇÃO

4.2.1 Amostragem e análise Físico-Químicas do solo

Visando atender as exigências do Órgão Ambiental, realizou-se uma amostragem composta nas áreas selecionadas, consistindo em pontos de coleta escolhidos aleatoriamente na área de interesse.

Para a realização da coleta da amostra utilizou-se uma de corte, com a qual realizou-se uma cova de 20 cm de profundidade, em forma de cunha. Após a retirada da amostra, descartou-se as bordas laterais, aceitando-se uma fatia de 5 cm de espessura na parte central da pá. A amostra selecionada foi armazenada em um balde, previamente higienizado, evitando possíveis contaminações.

Após a coleta da amostra na área, realizou-se a homogeneização do solo coletado, retirando-se uma amostra de 500 gramas para representar o solo da área de interesse. O solo foi posteriormente deixado para secar a sombra, visando reduzir a umidade natural, assim como orientado pela metodologia da EMBRAPA.

A amostra foi posteriormente encaminhada para o Laboratório de solos da Universidade de Passo Fundo para a realização das análises físico-químicas. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7: Análise química do solo da área de aplicação.

ANÁLISE DE SOLO			
Ensaio	Resultado	Limite (VI) CONAMA 420/2009	Unidade
TEOR DE ARGILA	63	-	%
POTENCIAL DE HIDROGÊNIO (pH)	5,6	-	-
ÍNDICE SMP	5,7	-	-
FÓSFORO	9,9	-	mg/dm ³
POTÁSSIO	66	-	mg/dm ³
MATÉRIA ORGÂNICA	2,7	-	%
ALUMÍNIO	0	-	cmolc/dm ³
CÁLCIO	8,55	-	cmolc/dm ³
MAGNÉSIO	2,96	-	cmolc/dm ³
ACIDEZ POTENCIAL (H+AL)	6,2	-	cmolc/dm ³
CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS (CTC)	17,9	-	cmolc/dm ³
SATURAÇÃO POR BASES	65	-	%
SATURAÇÃO POR ALUMÍNIO	0	-	%
SATURAÇÃO POR POTÁSSIO	0,9	-	%
ZINCO	2,89	450	mg/dm ³
COBRE	1,58	200	mg/dm ³

<i>MANGANÊS</i>	53,9	-	mg/dm ³
<i>BORO</i>	0,4	-	mg/dm ³
<i>ENXOFRE</i>	11,5	-	mg/dm ³
<i>MOLIBDÊNIO</i>	<0,2	50	mg/kg
<i>CROMO</i>	45,3	150	mg/kg
<i>BÁRIO</i>	38,5	300	mg/kg
<i>CÁDMIO</i>	3,2	-	mg/kg
<i>SÓDIO</i>	35,56	-	mg/dm ³

Fonte: Autor, 2022.

Perante as análises laboratoriais realizadas, denota-se que o Latossolos Vermelho Aluminoférrico, o qual apresenta-se na área de estudo, contém valores elevados de argila, correspondentes a 63%. Este valor indica boa capacidade de retenção de água em épocas chuvosas, já em épocas secas pode formar uma camada dura e com baixa circulação de ar, fator prejudicial ao crescimento de plantios, ocorrendo em solos com mais de 30% de argila (MORAES MICHELLY, 2022).

O pH do solo classificou-se em 5,6, enquadrando-se como ligeiramente ácido. Este parâmetro governa diretamente as suas reações, principalmente ao que se relaciona a macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), por efeitos indiretos ou diretos. Devido ao solo apresentar seu valor entre 5,5 a 6,5 o mesmo, encontra-se favorável ao desenvolvimento da maior parte das plantas. Caso seja realizada a correção de pH, enquadrando o mesmo entre 6,0 a 6,5, a disponibilidade de macronutrientes será aumentada (BRFÉRTIL, 2019).

Perante ao alumínio, não se encontrou quantidade representável. Por sua vez, este é um dos componentes mais influentes sobre a acidez do solo, porque reage com a água, liberando íons H⁺. Em solos com pH acima de 5,5, o Al encontra-se em formas precipitadas (JONES, 1979; BOHNEN, 1995).

Diante a análise de CTC, a qual indica a capacidade de troca catiônica, obteve-se o valor de 17,9 cmolc/dm³ indicando uma alta atividade, sendo assim, um fator benéfico para o local, pois os plantios obterão maior disponibilidade de nutrientes e caso ocorra contaminação a possibilidade de chegar ao lençol freático ou a recursos de hídricos será menor.

Referente aos índices de porcentagem de sódio trocável (PST), obteve-se o valor de 1,46%, enquadrando-se como baixo. A acumulação de sais no solo ocorre devido a altas taxas de evaporação, baixa precipitação pluviométrica, de características do solo, da rocha subjacente e das condições geomorfológica e hidrogeológica locais. Quando valores

referentes a PST estão elevados, pode denota-se dificuldades no desenvolvimento de plantios (Whitmore, 1975).

Perante as atividades de fertirrigação na área, a quantidade de Sódio Total disposto será de 140,7 mg/L, isso indica que ocorrerão adições desse componente químico em solo, possivelmente gerando um aumento. Como medida de controle, a legislação CONAMA N° 503, DE 14 DE DEZEMBRO DE 2021, dispõem os cálculos necessários para obter-se a determinação da Taxa de Aplicação do Efluente (TAE).

Os valores encontrados na análise do solo para compostos orgânicos e inorgânicos, apresentam-se dentro dos limites de investigação indicados pela CONAMA 420/2009.

4.2.2 Características do efluente tratado da empresa

Em razão do presente projeto objetivar do reuso do efluente tratado para a fertirrigação, a seguir serão apresentadas as características físico-químicas dos efluentes provenientes do laticínio. O efluente foi coletado pela empresa ECOCERTA Laboratório de Análises Ambientais. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 08.

Tabela 8: Resultados da análise de efluente tratado.

ANÁLISE DO EFLUENTE			
Físico-Química			
	Ensaio	Resultado	Unidade
	Cloreto	61,7	mg/L
	DBO 5 - Demanda Bioquímica de Oxigênio	21,1	mg/L
	Enxofre	62,4	mg/L
	Nitrato	1,3	mg/L
	Nitrito	<0,3	mg/L
	Carbono Orgânico Total (COT)	4,2	mg/L
	Condutividade a 25 °C	586	µS/cm
	DQO - Demanda Química de Oxigênio	70	mg/L
	Dureza Total	91	mg/L
	Fósforo Total	1,5	mg/L
	Nitrogênio Amoniacal (NH ₃)	2,5	mg/L
	Nitrogênio Total	4,7	mg/L
	Óleos e Graxas Totais	<10	mg/L
	Ph	6,43	-
	Sólidos Dissolvidos Totais	333	mg/L
	Sulfetos	<0,1	mg/L
Metais			

Ensaio	Resultado	Unidade
Cálcio Total	36,5	mg/L
Magnésio Total	13,3	mg/L
Razão de Adsorção de Sódio	7,7	mEq/L
Alumínio Total	0,5	mg/L
Bário Total	0,08	mg/L
Boro Total	<0,2	mg/L
Cobre Total	0,05	mg/L
Cromo Total	<0,05	mg/L
Ferro Total	1,4	mg/L
Manganês Total	0,156	mg/L
Molibdênio Total	0,01	mg/L
Potássio Total	17,8	mg/L
Sódio Total	140,7	mg/L
Zinco Total	<0,1	mg/L

Fonte: Autor, 2022.

4.2.3 Necessidades nutricionais das culturas a serem implantadas

Na área onde irá ocorrer a fertirrigação são cultivadas culturas de inverno e verão, entre elas, azevém, aveia, trigo, soja e milho. Esse cultivo é um ponto muito positivo pelo fato dessas culturas exigirem um alto nível de macro e micronutrientes para sua produção, desta forma foi selecionado as exigências nutricionais de cada cultura, dando enfoque aos principais macronutrientes, sendo eles o N, P, K, Ca e Mg, que estão presentes na Tabela 09.

Tabela 9: Exigências nutricionais das culturas de inverno e verão.

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS						
Estação	Variáveis	N (Kg/há/ano)	P (kg/há/ano)	K (kg/há/ano)	Ca (kg/há/ano)	Mg (kg/há/ano)
Inverno	Azevém	100	20	75	34	16
	Aveia	100	20	75	34	16
	Trigo	160	35	100	38	22
Verão	Soja	181	32	90	65	26
	Milho	140	28	95	47	21
Exigência média anual para implantação de duas culturas (inverno/verão)		281	55	87	91	42

Fonte: Autor, 2022.

4.2.4 Quantificação e determinação da taxa máxima de aplicação

A partir dos dados adquiridos da análise do efluente tratado e da análise de solo, foi possível analisar o elemento que continha os pontos que mais se aproximam da relação oferta/demanda, em relação as futuras culturas que serão implantadas, sendo assim foi feita a determinação da taxa máxima de aplicação em cima do macronutriente cálcio, para alcançar os 91 pontos de Ca terá que ser feita a aplicação de 18,30 m³ na área total ou 6,83 m³ por hectare.

Ainda com os resultados, foi calculado a quantidade de cada elemento, que irá ser aplicado em solo através da fertirrigação com o efluente tratado. Para o cálculo da Taxa de aplicação, precisou-se calcular a massa do solo, considerando o tamanho da área total (m²), a densidade do solo (kg/m³) e a profundidade (m) máxima atingida pelas raízes, segue o cálculo representado na Equação 05.

$$MS = A \times \rho \times P \quad (05)$$

$$MS = 26800 \times 1200 \times 0,3$$

$$\underline{MS = 9.648.000 \text{ kg de solo}}$$

Sendo:

A - Área total = 26800,00 m²

ρ - Densidade do solo = 1200 kg/m³

P - Profundidade = 0,3 m

Com a massa de solo já calculada conseguimos calcular a taxa de aplicação de todos os elementos no solo conforme observa-se na Tabela 10, essa mesma definida em g elemento / kg solo / dia ou ano.

De acordo com a portaria de N° 68 de 2019, o efluente tratado está com os níveis de concentrações dentro do esperado para ser aplicado em solo.

Tabela 10: Quantificação de nutrientes.

ANÁLISE DO EFLUENTE	QUANTIFICAÇÃO DE NUTRIENTES	
Físico-Química	Hectare	Taxa de aplicação/kg de solo

Ensaio	Resultado	FEPAM P. N° 68/2019	g/dia	kg/ano	g/kg/dia	g/kg/ano
Cloreto	61,7	-	421,42	153,82	0,000117	0,042728
DBO 5 - Demanda Bioquímica de Oxigênio	21,1	120 mg/L	144,12	52,60	0,000040	0,014612
Enxofre	62,4	-	426,21	155,57	0,000118	0,043213
Nitrato	1,3	-	8,88	3,24	0,000002	0,000900
Nitrito	<0,3	-	-	-	-	-
Carbono Orgânico Total (COT)	4,2	-	28,69	10,47	0,000008	0,002909
Condutividade a 25 °C (µS/cm)	586	-	-	-	-	-
DQO - Demanda Química de Oxigênio	70	330 mg/L	478,12	174,51	0,000133	0,048476
Dureza Total	91	-	621,55	226,87	0,000173	0,063018
Fósforo Total	1,5	-	10,25	3,74	0,000003	0,001039
Nitrogênio Amoniacal (NH3)	2,5	-	17,08	6,23	0,000005	0,001731
Nitrogênio Total	4,7	-	32,10	11,72	0,000009	0,003255
Óleos e Graxas Totais	<10	30 mg/L	-	-	-	-
Ph	6,43	entre 6 e 9	43,92	16,03	0,000012	0,004453
Sólidos Dissolvidos Totais	333	140 mg/L	2274,46	830,18	0,000632	0,230605
Sulfetos	<0,1	-	-	-	-	-
Metais			Hectare	Taxa de aplicação		
Ensaio	Resultado	FEPAM P. N° 68/2019	g/dia	kg/ano	g/kg/dia	g/kg/ano
Cálcio Total	36,5	-	249,30	91,00	0,000069	0,025277
Magnésio Total	13,3	-	90,84	33,16	0,000025	0,009210
Razão de Adsorção de Sódio (mEq/L)	7,7	-	-	-	-	-
Alumínio Total	0,5	-	3,42	1,25	0,000001	0,000346
Bário Total	0,08	-	0,55	0,20	0,000000	0,000055
Boro Total	<0,2	-	-	-	-	-
Cobre Total	0,05	-	0,34	0,12	0,000000	0,000035
Cromo Total	<0,05	-	-	-	-	-
Ferro Total	1,4	-	9,56	3,49	0,000003	0,000970
Manganês Total	0,156	-	1,07	0,39	0,000000	0,000108
Molibidênio Total	0,01	-	0,07	0,02	0,000000	0,000007
Potássio Total	17,8	-	121,58	44,38	0,000034	0,012327
Sódio Total	140,7	-	961,01	350,77	0,000267	0,097436
Zinco Total	<0,1	-	-	-	-	-

Fonte: Autor, 2022.

4.2.5 Contribuição Nutricional

O efluente tratado provindo de laticínio contém boas concentrações de alguns nutrientes, porém como a aplicação irá ser diária, de um volume de 18,30 m³, trará uma boa quantidade de nutrientes para a área, ajudando as culturas que serão semeadas a se desenvolver. Na Tabela 11 apresenta a quantidade de macronutrientes que irá ser disponibilizada por hectare/ano.

Tabela 11: Disponibilidade de Macronutrientes.

DISPONIBILIDADE DE MACRONUTRIENTES		
Macronutrientes		kg/há/ano
NITROGÊNIO	N	11,72
FÓSFORO	P	3,74
POTÁSSIO	K	44,38
CÁLCIO	Ca	91,00
MAGNÉSIO	Mg	33,16

Fonte: Autor, 2022.

Atualmente os preços dos insumos agrícolas estão em alta, dessa forma a aplicação do efluente tratado na lavoura vai trazer lucros ao proprietário, na Tabela 12 e na Figura 11 estão representados o percentual que a aplicação do efluente irá suprir em relação a médias das necessidades anuais de macronutrientes, como podemos observar a maior disponibilidade é de Cálcio que suprirá quase 100% da necessidade, seguido do Magnésio com 80% e do Potássio com 51%.

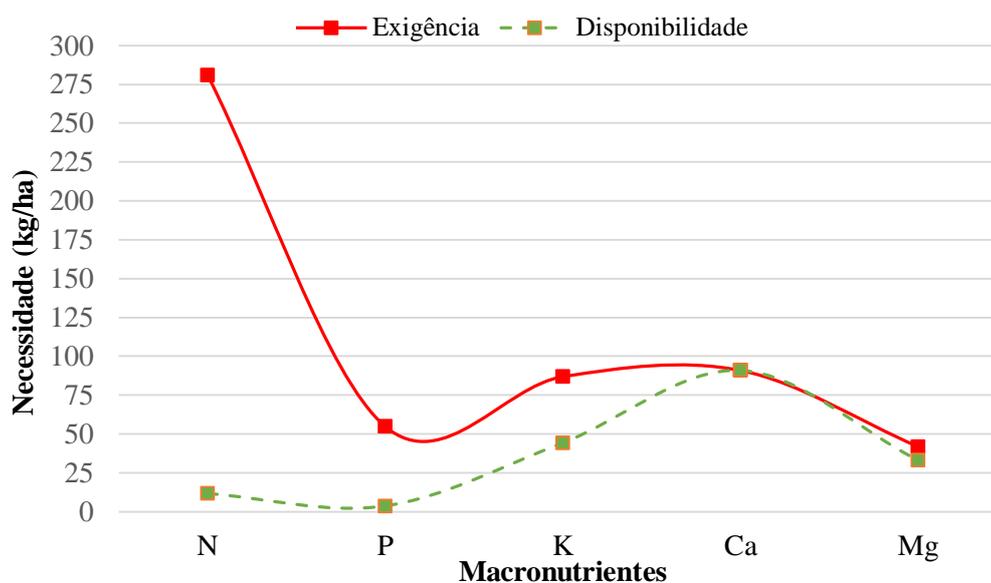
Tabela 12: Exigência vs disponibilidade dos macronutrientes.

Macronutrientes	Exigência das culturas		Disponibilidade fertirrigação	
	kg/ha	%	kg/ha	%
N	281	100 %	11,72	4,18 %
P	55	100 %	3,74	6,80 %
K	87	100 %	44,38	51,01 %
Ca	91	100 %	91,00	99,63 %

Mg	42	100 %	33,16	79,90 %
----	----	-------	-------	---------

Fonte: Autor, 2022.

Figura 11: Exigência vs disponibilidade dos macronutrientes.



Fonte: Autor, 2022.

4.2.6 Projeção após 1 ano de aplicação

Ainda sobre a aplicação do efluente na área, foi realizado um estudo referente ao acúmulo de elementos tóxicos em relação aos padrões da legislação do Conama 420, que trata da qualidade do solo. Para o estudo levou-se em consideração o resultado dos níveis de cada elemento oriundos da análise do solo mais a quantificação dos elementos que vão ser dispostos durante um ano e foi desconsiderado a taxa de absorção das culturas que ali irão estar presentes. Na Tabela 13 estão dispostos os resultados do estudo, o qual foi positivo, pois no decorrer do ano não será preciso nenhuma correção referente a excesso de elementos.

Tabela 13: Análise de aplicação.

ANÁLISE DE SOLO	TAXA APLICAÇÃO	TAXA APLI. + TAXA DE SOLO	CONAMA 420	SITUAÇÃO
Ensaio	mg/kg	mg/kg	mg/kg	

<i>FÓSFORO</i>	8,25	1,04	9,29	-	-
<i>POTÁSSIO</i>	55	12,33	67,33	-	-
<i>ALUMÍNIO</i>	0	0,35	0,35	-	-
<i>CÁLCIO</i>	171,34	25,28	196,62	-	-
<i>MAGNÉSIO</i>	359,64	9,21	368,85	-	-
<i>ZINCO</i>	2,41	-	2,41	450	Boa
<i>COBRE</i>	1,32	0,03	1,35	200	Boa
<i>MANGANÊS</i>	44,92	0,11	45,02	-	-
<i>BORO</i>	0,33	-	0,33	-	-
<i>ENXOFRE</i>	9,58	43,21	52,80	-	-
<i>MOLIBDÊNIO</i>	<0,2	0,01	0,01	50	Boa
<i>CROMO</i>	45,3	-	45,30	150	Boa
<i>BÁRIO</i>	38,5	0,06	38,56	300	Boa
<i>CÁDMIO</i>	2,9	-	2,90	3	Boa
<i>SÓDIO</i>	29,63	97,44	127,07	-	-

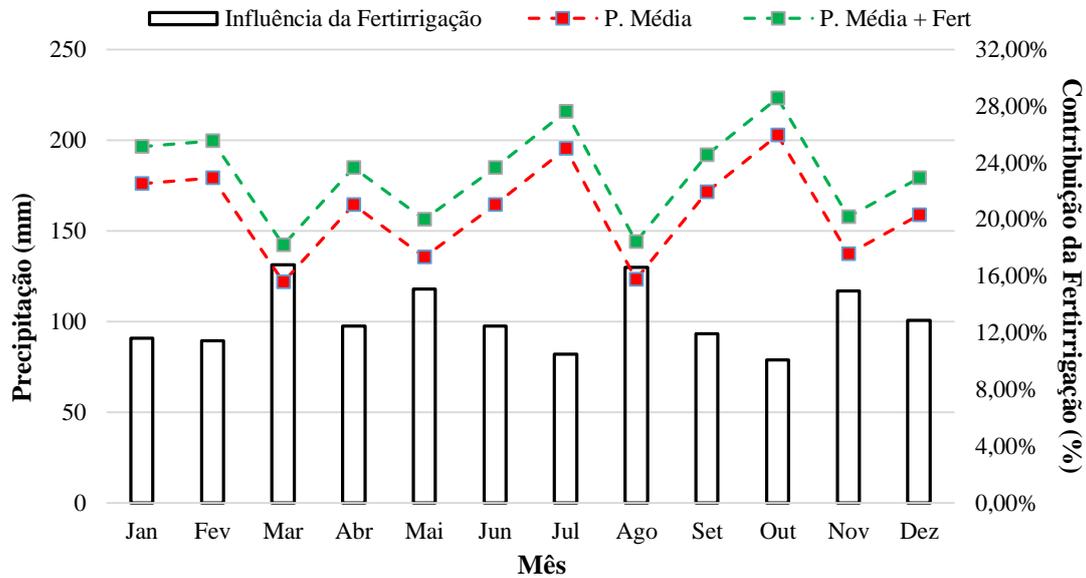
Fonte: Autor, 2022.

4.2.7 Análise de Contribuição Pluviométrica

Tendo em vista que a área de interesse é de 26.800,00 m², propõe-se a aplicação diariamente na área, de uma vazão de 18,30 m³/dia de efluente tratado como fertirrigação para produção agrícola, o que equivalem a uma taxa de aplicação de 6,83 m³/ha/dia, a mesma corresponde a uma lâmina de irrigação de 0,683 mm/dia. Esta lâmina de irrigação tem um acréscimo médio na precipitação total da área de 11,30%, equivalendo a 246 mm ao ano. Dessa maneira, identificou-se a relevância da fertirrigação para área.

Através das séries históricas estipulou-se a média da precipitação durante os 12 meses do ano, avaliando o período de 2010 a 2021, desta maneira foi projetado o percentual de influência da fertirrigação em relação a precipitação dos meses ao longo do ano, obtendo a maior influência em meses mais secos (16,83 % no mês de março) e menor influência nos meses mais chuvosos (10,10% no mês de outubro), na Figura 12 a seguir podemos observar as variações.

Figura 12: Influência da fertirrigação no regime pluviométrico.



Fonte: Autor, 2022.

4.3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE FERTIRRIGAÇÃO

4.3.1 Verificação da irrigação rela necessária (IRN)

Visando definir a lâmina d'água necessária pela cultura a ser suprida pelo processo de irrigação, utiliza-se a Equação 01.

$$IRN = 0,1 \times (45 - 34) \times 1,2 \times 30 \times 0,6$$

$$IRN = 23,76 \text{ mm}$$

Desta forma, tem-se que a Irrigação rela máxima para as áreas de interesse é de 23,76 mm.

4.3.2 Turno de Rega (TR)

O turno de rega define o intervalo de irrigação necessária, baseado na lâmina de IRN aplicada e a evapotranspiração da cultura existente. Desta forma, aplica-se a Equação 02 para a definição deste intervalo.

$$TR = \frac{23,76}{5,9} = 4,02 \cong 4 \text{ dias}$$

$$TR = \frac{23,79}{4,5} = 5,28 \cong 5 \text{ dias}$$

Considerando a Evapotranspiração média das culturas de verão - soja e milho (5,9 mm/dia); e de inverno – aveia, azevém e trigo (4,5 mm/dia), tem-se que se pode realizar a aplicação de uma lâmina de 23,76 mm de irrigação a cada 4 dias durante o período de verão e a cada 5 dias durante o inverno, ou ainda a aplicação de uma lâmina diária de 5 mm, sem comprometer as necessidades da cultura.

Deste modo, considerando que se propõe a aplicação de uma lâmina de irrigação mensal de 20,49 mm de fertirrigação nas áreas acima apresentadas, não haverá danos a produção vegetal das culturas produzidas no local, havendo ainda margem para ampliação deste processo.

4.3.3 Características gerais do sistema

Tendo em vista que a propriedade apresenta características de conformação topográfica e dimensões própria, realizou-se o dimensionamento do sistema de irrigação por aspersão da área de interesse. Também se inclui neste sistema, um sistema de reservatórios com a finalidade de armazenar o efluente tratado em dias de não funcionamento da estrutura de irrigação.

4.3.4 Área de aplicação

O sistema de irrigação será composto por uma bomba de recalque, sistema de tubulação de PVC e conjunto de aspersores regulares e setoriais. A área de irrigação com sistema de bombeamento independente, ainda será dividida em 3 setores que serão operados individualmente, visando manter uma regularidade no processo de aspersão.

Figura 13: Delimitação do sistema de irrigação.



Fonte: Autor, 2022.

4.3.5 Aspersores

Neste projeto de irrigação serão utilizados 2 tipos de aspersores: Aspersor canhão “normal”, a serem utilizados em áreas onde o ciclo do aspersor pode ser completo e; Aspersor Canhão “setorial”, a ser inserido próximo a cerca oeste da empresa, evitando assim o lançamento de recurso hídrico fora da área de interesse.

As características dos aspersores selecionados são:

- Aspersor Canhão Agropolo 1" NY 25 3,5 x 2,5 mm (laranja e cinza)
 - Diâmetro nominal do bocal (mm): 3,5 x 2,5 mm
 - Pressão (mca): 20 – 35
 - Entrada da base (pol): 1
 - Diâmetro de alcance (metros): 26 – 28
 - Altura máxima do jato (metros): 2,2 - 2,9
 - Vazão (m³): 0,860 - 1,157

- Aspersor Canhão Agropolo setorial 3/4 NY23s 3,5 mm – (laranja)

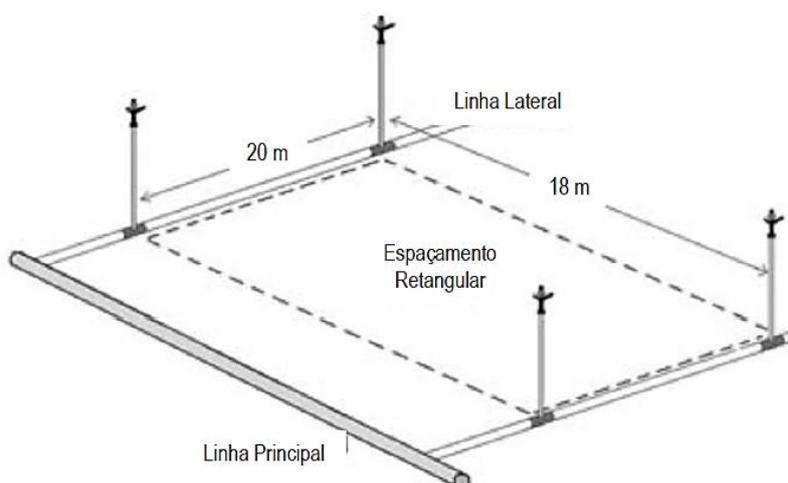


- Diâmetro nominal do bocal (mm): 3,2
- Pressão (mca): 20 - 35
- Entrada da base (pol): 3/4
- Diâmetro de alcance (metros): 25
- Vazão (m³): 0,609 – 0,803



Ao todo serão instaladas 14 linhas de aspersão para a área, com espaçamento retangular de 18 X 20 (aspersor X linhas), atingindo desta forma uma intensidade de precipitação de 5 mm/h, segundo dados do fabricante.

Figura 14: Sistema de espaçamento adotado entre aspersores.



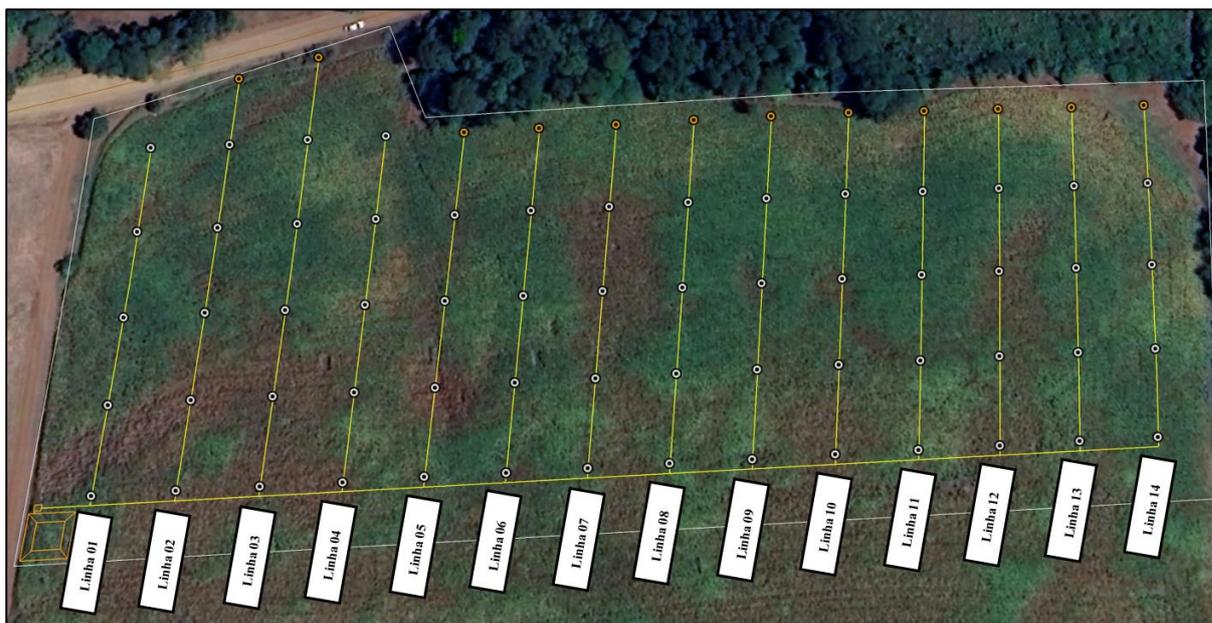
Fonte: Autor, 2022.

Serão necessários 60 aspersores Agropolo NY 25 e 12 aspersores setoriais Agropolo NY 23s.

4.3.6 Dimensionamento da tubulação de aspersão

4.3.6.1 Linhas Laterais

Figura 15: Delimitação das Linhas laterais da área.



Fonte: Autor, 2022.

Tabela 14: Dados iniciais de dimensionamento da tubulação.

Descrição	Linha Lateral (m)	Nº Aspersores	Cota (inicial m)	Cota (final m)	Desnível (m)	
Linha 01	82	5	560	558,5	1,5	Declive
Linha 02	98	6	560	557	3	Declive
Linha 03	102	6	560	555,5	4,5	Declive
Linha 04	82	5	560	554	6	Declive
Linha 05	82	5	560	552,5	7,5	Declive
Linha 06	82	5	560	551	9	Declive
Linha 07	82	5	560	549,5	10,5	Declive
Linha 08	82	5	560	548	12	Declive
Linha 09	82	5	560	546,5	13,5	Declive
Linha 10	82	5	560	545	15	Declive
Linha 11	82	5	560	543,5	16,5	Declive
Linha 12	82	5	560	542	18	Declive
Linha 13	82	5	560	540,5	19,5	Declive
Linha 14	82	5	560	539	21	Declive

Fonte: Autor, 2022.

Para a determinação do diâmetro da tubulação, definiu-se a perda de carga máxima permitida em cada linha de aspersão, tomando como base uma pressão de serviço de 35 mca e permitindo uma perda máxima de 20% desta pressão entre o primeiro e o último aspersor.

Desta forma, adotou-se a Equação 06, a qual foi aplicada a cada uma das linhas de aspersão propostas.

$$hf_{\text{permit}} = 0,2 \times PS \pm DN \quad (06)$$

Sendo:

PS: Pressão de serviço dos aspersores;

DN: Desnível do terreno;

Contudo, ainda se faz necessário avaliar o efeito de perda de carga devido às múltiplas saídas dos aspersores. Para tanto, utiliza-se um fator de perda de carga (*F*) em função do número de saídas (aspersores) existentes, fazendo com que a perda de carga efetiva seja maior conforme o número de aspersores existentes na linha. A perda de carga efetiva é definida através da Equação 07.

$$Hf' = \frac{hf_{\text{permit}}}{F} \quad (07)$$

De posse destes dados, determinou-se o tamanho dos diâmetros da tubulação através da Equação 08 de Hazen-Williams adaptada.

$$D = \left[10,641 \times \left(\frac{Q_{LL}}{C} \right)^{1,85} \times \left(\frac{L_{LL}}{Hf'} \right) \right]^{0,205} \quad (08)$$

Sendo:

Q_{LL}: Vazão da linha lateral (m³/s);

C: Coeficiente do tipo de parede do tubo (adimensional);

L_{LL}: Comprimento da linha lateral (m);

Hf': Perda de carga efetiva na linha lateral (m);

D: Diâmetro (m);

Realizou-se a avaliação de todas as linhas envolvidas, tendo o diâmetro calculado variado de 18 a 21 mm, sendo adotado desta forma o diâmetro nominal de 25 mm para toda a linha de irrigação.

Tendo em vista a readequação do diâmetro nominal da tubulação, realizou-se uma nova verificação do cálculo de perda de carga, definindo o diâmetro constante de 25 mm em todas as linhas laterais. A verificação da perda de carga das linhas laterais foi realizada pela Equação 09 de Hazen-Willians tradicional.

$$Hf_{LL} = 10,641 \times \left(\frac{Q_{LL}}{C}\right)^{1,85} \times \frac{L_{LL}}{D^{4,87}} \times F \quad (09)$$

De posse dos valores de perdas de carga laterais para cada segmento do sistema, foi possível realizar a determinação da pressão requerida no início das linhas laterais, através da Equação 10.

$$Pin_{LL} = \left[PS + Aa + \left(\frac{3}{4} \times hf\right) \pm \left(\frac{1}{2} \times DN\right) \right] \quad (10)$$

Sendo:

Pin_{LL} : Pressão inicial da linha lateral (mca)

DN : desnível do terreno (m)

Aa : Altura do aspersor (m)

PS : Pressão de serviço (mca)

hf : Perda de carga efetiva (m)

A partir da aplicação da Equação 09, observou-se que a pressão requerida nas linhas laterais variou de 20 a 25 mca, sendo a maior vazão requerida pertencente ao ponto de maior aclave do terreno.

4.3.6.2 Linhas principais e linha de recalque

Para o dimensionamento das linhas principais e de recalque, faz-se necessário delimitar uma velocidade máxima de escoamento (adotado 2 m/s) e uma vazão de serviço, sendo adotada a vazão combinada de todos os aspersores existentes em cada setor de irrigação. O diâmetro foi definido através da Equação 11.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}} \quad (11)$$

Sendo:

Q : Vazão combinada dos aspersores de cada setor (m³/s);

V : Velocidade de escoamento (adotado 2 m/s);

D : Diâmetro da seção (m);

Desta forma, os diâmetros calculados variaram de 18 a 27 mm, sendo adotado o diâmetro nominal de 50 mm para toda a tubulação da linha principal da área.

Posteriormente definiu-se a perda de carga nas linhas principais de escoamento de água, sendo está definida pela Equação 12.

$$Hf_{LP} = 10,641 \times \left(\frac{Q_{LP}}{C}\right)^{1,85} \times \frac{L_{LP}}{D^{4,87}} \quad (12)$$

Sendo:

Q_{LP} : Vazão da linha principal (m³/s);

C : Coeficiente do tipo de parede do tubo (adimensional);

L_{LP} : Comprimento da linha lateral (m);

Hf_{LP} : Perda de carga na linha principal (m);

D : Diâmetro (m);

Além da perda de carga unitária, associada ao diâmetro da tubulação, faz-se necessário avaliar as perdas de carga localizadas. Desta forma, a Tabela 15 apresenta a lista de elementos considerados neste dimensionamento.

Tabela 15: Elementos considerados para a Linha de Recalque.

Diâmetro da tubulação da linha principal				$D_P = 50 \text{ mm}$
Item	Elemento	Quant.	Comprimento equivalente unitário (m)	Comprimento equivalente unitário (m)
1	Curva de 90°	1	0,4	0,4
2	Tê de passagem lateral	13	1,3	16,9
3	Registro de gaveta	11	0,2	2,2
Total :				19,5

Desta forma, a maior perda de carga no sistema de recalque em horário de funcionamento é no Setor 03 de 19,33 mca e a menor perda de carga é no Setor 01 de 7,73 mca, obedecendo que é utilizado um setor por vez.

4.3.6.3 Linha de Sucção

Considerando que a linha de recalque deve apresentar um diâmetro nominal superior ao presente na linha de recalque, o diâmetro adotado para a linha de recalque será de 75 mm, o qual proporcionará uma velocidade de sucção de 2,99 m/s.

A tubulação de sucção terá 3,5 metros de comprimento, sendo que a água bombeada estará armazenada em um reservatório tipo lagoa com 2 metros de profundidade.

A perda de carga na linha de sucção também foi definida pela Equação 13 de Hazen Willians.

$$Hf_{LS} = 10,641 \times \left(\frac{Q_{LS}}{C}\right)^{1,85} \times \frac{L_{LS}}{D^{4,87}} \quad (13)$$

Sendo:

Q_{LS} : Vazão da linha de sucção (m³/s);

C : Coeficiente do tipo de parede do tubo (adimensional);

L_{LS} : Comprimento da linha de sucção (m);

Hf_{LS} : Perda de carga na linha de sucção (m);

D : Diâmetro (m);

Contudo, o uso de peças com perda de carga pontuais também deve ser considerado, desta forma, estabeleceu-se uma lista dos elementos utilizados na linha de sucção e seus respectivos valores equivalentes para a tubulação.

Tabela 16: Elementos considerados para a Linha de Sucção.

Diâmetro da tubulação de sucção			$D_S = 75 \text{ mm}$	
Comprimento real da tubulação de sucção (Ts)			$T_S = 3,5 \text{ m}$	
Item	Elemento	Quant.	Comprimento equivalente unitário (m)	Comprimento equivalente unitário (m)
1	Val. Pé c/ crivo	1	1,75	1,75
2	Joelho 90°	2	0,9	1,8
3	Reg. Ang. Aberto	1	5	5

Total : 8,55

Fonte: Autor, 2022.

Desta forma, a perda de carga total no sistema de sucção foi de 9,94 mca até a entrada da bomba de recalque.

4.3.6.4 Quadro resumo das informações

Tabela 17: Resumo de informações.

Elemento	D(LL)*	D(LP)**	Pressão Requerida (mca)	Vazão Máxima (m ³ /h)
Área	25	50	35	5

Fonte: Autor, 2022.

* Diâmetro das linhas laterais

** Diâmetro da linha principal

4.3.7 Bomba de recalque

Com base nas informações definidas nos itens anteriores, definiu-se a utilização da bomba multiestágio da marca Schneider ME -32300 C167, com 30 CV de potência – modelo trifásico.

A escolha da bomba se deu devido à alta demanda de pressão para suprir as necessidades do sistema, devido ao desnível existente. As informações da bomba são:

- Marca: Schneider
- Modelo: ME 32300 C167
- Potência: 30CV
- Tensão: 220/380/440V – Trifásica
- Rotação: 3500 RPM
- Grau de Proteção: IP55
- Vazão Máxima: 65.000 L/H
- Pressão máxima: 108 mca



4.3.8 Reservatório de Irrigação

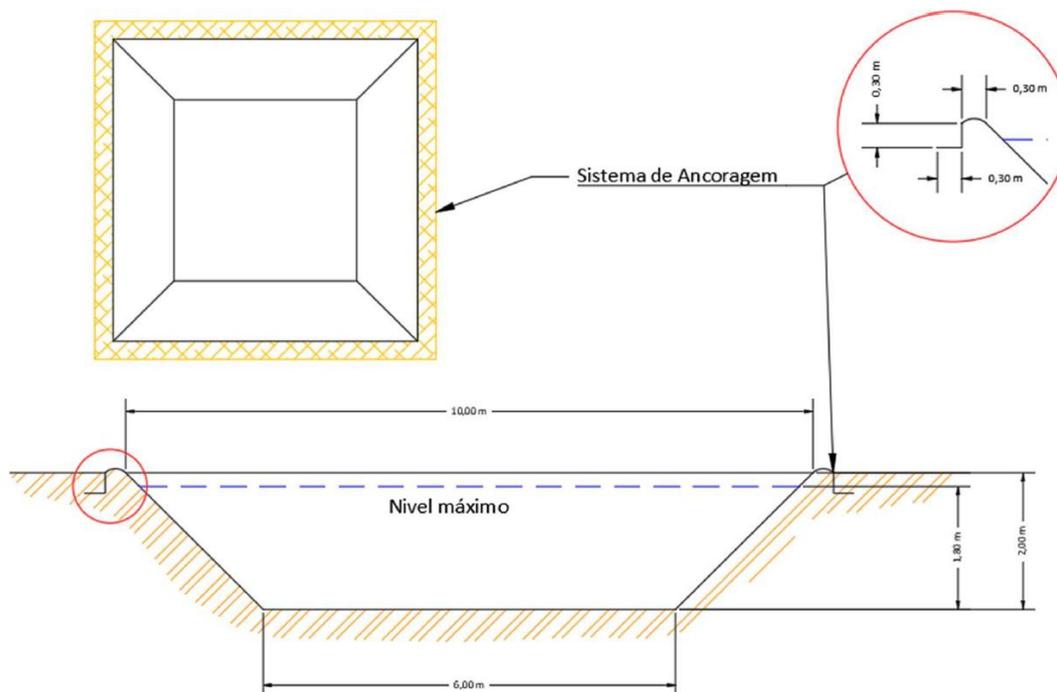
Tendo em vista que o sistema de irrigação tem por objetivo armazenar temporariamente o efluente tratado, será inserido na área de interesse um reservatório com capacidade de 115 m³.

O reservatório será escavado no solo em formato de prisma retangular com profundidade total de 2 metros, tendo como nível máximo de efluentes a cota de 1,8 metros. As dimensões de topo serão de 10 x 10 metros e de fundo de 6 x 6 metros.

O reservatório deverá ser revestido com geomembrana 0,8 mm, que são bastante usadas para a atividade pois as mesmas, tem grande capacidade de evitar a percolação do efluente tratado no solo. O sistema de ancoragem será de 0,3 x 0,3 conforme apresentado na Figura 16, e o tamanho total da geomembrana será de 182,25 m².

O transporte do efluente até o reservatório será feito diariamente com o auxílio de um caminhão pipa.

Figura 16: Reservatório para a fertirrigação.



Fonte: Autor, 2022.

4.4 VIABILIDADE

4.4.1 Viabilidade econômica

Para realização da viabilidade econômica de implantação do sistema de irrigação convencional por aspersão se fez necessário realizar um levantamento de custos de implantação, o qual está descrito na Tabela 18, que leva em consideração todos os itens que compõe o sistema de irrigação e o valor da mão de obra para implantação.

Tabela 18: Levantamento de custos.

ORÇAMENTO DE IMPLANTAÇÃO						
Linha	Item	Unidades	Valor/un.		Custo	
Sucção 75 mm	Válvula pé c/ crivo	1	R\$	68,39	R\$	68,39
	Joelho 90°	2	R\$	25,70	R\$	51,40
	Registro Ângulo Aberto	1	R\$	124,30	R\$	124,30
	Tubulação	3,5	R\$	10,98	R\$	38,44
	Bomba Multiestágio Schneider ME 32300 C167 30CV 220/380/440V Trifásica IR3	1	R\$	24.166,80	R\$	24.166,80
Principal 50 mm	Curva de 90°	1	R\$	20,22	R\$	20,22
	Tê de passagem lateral 50x25	13	R\$	11,73	R\$	152,49
	Tubulação	245	R\$	9,03	R\$	2.212,35
Laterais 25 mm	Aspersor Canhão Agropolo 1" NY 25 3,5 x 2,5 mm	60	R\$	25,79	R\$	1.547,40
	Aspersor Canhão Agropolo setorial 3/4 NY23s 3,5 mm	12	R\$	28,04	R\$	336,48
	Registro de gaveta	11	R\$	11,88	R\$	130,68
	Tubulação	1010	R\$	4,59	R\$	4.635,90
	Tê de passagem lateral	60	R\$	3,89	R\$	233,40
	Joelho 90°	12	R\$	3,69	R\$	44,28
Reservatório	Geomembrana 0,8 mm (13,5x13,5=182,25m ²)	182,25	R\$	39,15	R\$	7.135,00
Extras	Cola PVC 850 g	1	R\$	57,43	R\$	57,43
	Lixa p/ pvc	10	R\$	2,50	R\$	25,00
	Mão de obra	5	R\$	450,00	R\$	2.250,00
Total :					R\$	42.947,43

Fonte: Autor, 2022.

De acordo com a Tabela 18, o custo total para implantação será de R\$ 42.947,43, sabendo que o produtor é classificado como de pequeno porte e não tendo o capital todo para fazer a implantação do sistema, sugere-se para o mesmo faça um financiamento em

alguma cooperativa de crédito local, pois as mesmas são muito acessíveis para pequenos produtores e possuem uma faixa de juros especial para investimentos com fins de irrigação, pois as mesmas ajudam muito em períodos de secas, a simulação para o mesmo está apresentada na Tabela 19.

Tabela 19: Simulação de financiamento.

FINANCIAMENTO						
Valor Total	Carência	Taxa de juros	Nº de parcelas	Tipo		
R\$ 42.947,43	12 meses	5%	7	Pronaf		
Parcela	Abatimento	Valor s/ juros	Juros	Valor c/ juros		
1	R\$ 42.947,43	R\$ 6.135,35	R\$ 2.147,37	R\$ 8.282,72		
2	R\$ 36.812,08	R\$ 6.135,35	R\$ 1.840,60	R\$ 7.975,95		
3	R\$ 30.676,74	R\$ 6.135,35	R\$ 1.533,84	R\$ 7.669,18		
4	R\$ 24.541,39	R\$ 6.135,35	R\$ 1.227,07	R\$ 7.362,42		
5	R\$ 18.406,04	R\$ 6.135,35	R\$ 920,30	R\$ 7.055,65		
6	R\$ 12.270,69	R\$ 6.135,35	R\$ 613,53	R\$ 6.748,88		
7	R\$ 6.135,35	R\$ 6.135,35	R\$ 306,77	R\$ 6.442,11		
Total Acumulado:			R\$ 8.589,49	R\$ 51.536,92		

Fonte: Autor, 2022.

Se o produtor optar pelo financiamento, ele terá a possibilidade de parcelar o custo em 7 parcelas, uma por ano, com carência de 12 meses, sendo assim o custo de cada parcela será de R\$ 6135,35 mais a incidência de 5% de juros fixo sobre o restante do valor que faltara abater, o custo total de juros para implantação será de R\$ 8.589,49 ao decorrer dos 7 anos corridos.

De modo que consigamos saber o tempo de retorno do valor investido, foi elaborado o custo em reais da energia utilizada com o sistema ao decorrer de um ano, o qual está descrito na Tabela 20, para elaborar o payback foi considerado um aumento de 0,5% ao ano no custo do KWh.

Tabela 20: Custo de energia.

CUSTO DE ENERGIA				
Item	Gasto/mês (KWh)	Gasto/ano (KWh)	Custo (KWh)	Custo/ano

Bomba Multiestágio 30 cv	250,8	3009,6	R\$	0,41	R\$	1.233,94
-----------------------------	-------	--------	-----	------	-----	----------

Fonte: Autor, 2022.

Sabe-se que o gasto mensal da bomba é em torno de 250,8 KWh, com tempo de uso diário por setor de 22 minutos, chegando a um resultado de gasto de energia por ano de R\$1.233,94.

Após todos os gastos com o sistema serem contabilizados, se faz necessário a contabilização do retorno econômico da aplicação dos macronutrientes, os quais estão dispostos na Tabela 21.

Tabela 21: Retorno econômico dos macronutrientes.

RETORNO ECONÔMICO MACRONUTRIENTES					
Elemento	Kg/Ano	Valor/kg		Ganho	
N	31,41	R\$	10,56	R\$	331,55
P	10,02	R\$	7,61	R\$	76,26
K	118,94	R\$	8,33	R\$	991,15
Ca	243,88	R\$	10,63	R\$	2.591,23
Mg	88,87	R\$	3,54	R\$	314,74
Total :				R\$	4.304,93

Fonte: Autor, 2022.

O retorno econômico anual com os macronutrientes, será de R\$ 4.304,93, resultado obtido através da pesquisa de custos em cima de fertilizantes que contenham os mesmos elementos. Para elaboração do payback foi considerado um aumento de 2% anual, em função de que os custos dos fertilizantes sofrem aumentos constantes com o decorrer dos anos e com aumento da inflação. Na Tabela 22 e na Figura 17 está representado o payback no decorrer de 20 anos após a implantação da atividade.

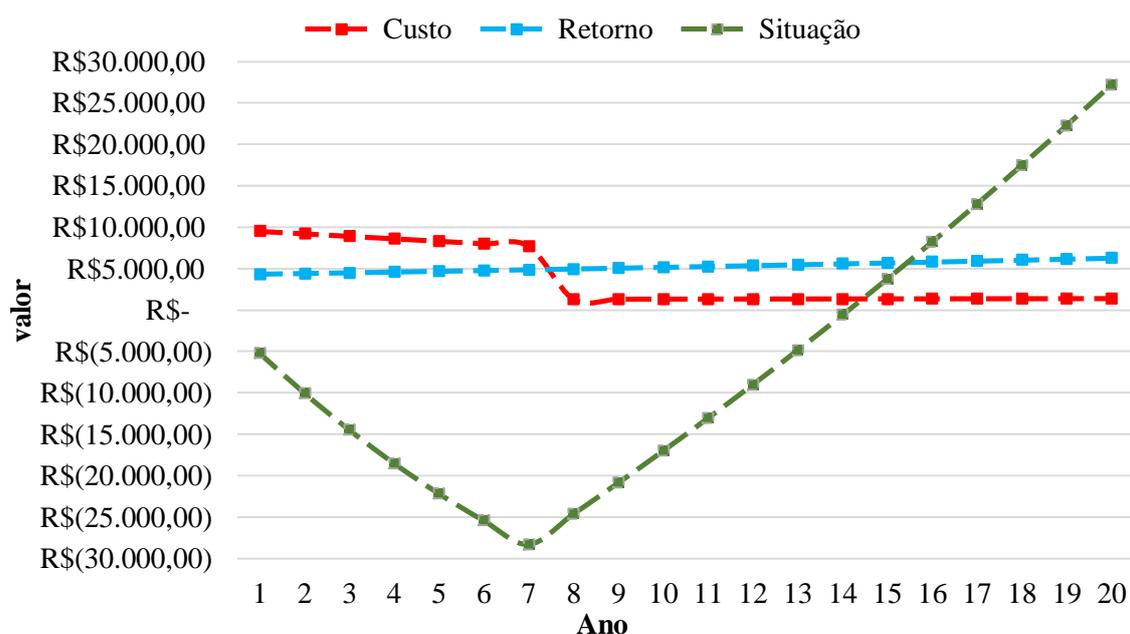
Tabela 22: Payback da atividade de fertirrigação.

PAYBACK					
Ano	Custo		Retorno		Situação
1	R\$	9.516,65	R\$	4.304,93	-R\$ 5.211,72
2	R\$	9.216,06	R\$	4.391,03	-R\$ 10.036,75

3	R\$	8.915,46	R\$	4.478,85	-R\$	14.473,36
4	R\$	8.614,86	R\$	4.568,43	-R\$	18.519,79
5	R\$	8.314,26	R\$	4.659,80	-R\$	22.174,26
6	R\$	8.013,67	R\$	4.752,99	-R\$	25.434,94
7	R\$	7.713,07	R\$	4.848,05	-R\$	28.299,95
8	R\$	1.277,12	R\$	4.945,01	-R\$	24.632,06
9	R\$	1.283,29	R\$	5.043,91	-R\$	20.871,44
10	R\$	1.289,46	R\$	5.144,79	-R\$	17.016,12
11	R\$	1.295,63	R\$	5.247,69	-R\$	13.064,06
12	R\$	1.301,80	R\$	5.352,64	-R\$	9.013,22
13	R\$	1.307,97	R\$	5.459,69	-R\$	4.861,50
14	R\$	1.314,14	R\$	5.568,89	-R\$	606,76
15	R\$	1.320,31	R\$	5.680,27	R\$	3.753,20
16	R\$	1.326,48	R\$	5.793,87	R\$	8.220,59
17	R\$	1.332,65	R\$	5.909,75	R\$	12.797,69
18	R\$	1.338,82	R\$	6.027,94	R\$	17.486,81
19	R\$	1.344,99	R\$	6.148,50	R\$	22.290,32
20	R\$	1.351,16	R\$	6.271,47	R\$	27.210,63

Fonte: Autor, 2022.

Figura 17: Ilustração da relação entre custo X retorno X situação.



Fonte: Autor, 2022.

Foi avaliado um período de 20 anos, devido a durabilidade da geomembrana que irá ser implantada, com a avaliação do payback é possível determinar que após o 15º ano o retorno irá ser positivo, desconsiderando os benefícios de aumento de produtividade da área pela questão da aplicação em épocas de escassez hídrica.

4.4.2 Viabilidade ambiental

Considerando que na área total irá ser utilizada uma vazão média de diária de efluentes líquidos tratados de 18,30 m³, totalizando 6681,33 m³ no ano, com um valor médio para o parâmetro de DBO = 21,1 mg/L e para a DQO = 70 mg/L no efluente industrial, com os mesmos se calculou com auxílio da Equação 03, a carga poluidora de cada elemento, a mesma está descrita na tabela 23.

Tabela 23: Cálculo da carga poluidora.

CARGA POLUIDORA		
Parâmetro	Concentração Média (mg/L)	Carga Poluidora (T/ano)
DBO	21,1	0,14
DQO	70	0,47
Total :		0,61

Fonte: Autor, 2022.

Realizou-se o cálculo da carga poluidora considerando a médias de DBO e de DQO, assim chegando nos resultados de 0,14 ton para DBO e 0,47 ton para DQO, que deixarão de ser destinadas para recursos hídricos no período de um ano, trazendo uma viabilidade positiva no que se diz a respeito da parte ambiental do estudo. No entanto não se pode estipular ao decorrer dos anos se a emissão de carga poluidora se manterá constante, pois vai depender muito de como o efluente estará sendo tratado.

5. CONCLUSÕES

Denota-se anteriormente que nos últimos anos o sul do Brasil vem sofrendo com secas e com o aumento repentino dos preços dos fertilizantes agrícolas, pensando nesse panorama, elaborou-se esse trabalho, com a finalidade de avaliar uma possível solução para épocas de escassez de chuvas e para aplicação de nutrientes no solo através da fertirrigação, utilizando nutrientes provindos do efluente tratado de uma estação de tratamento de um laticínio.

O estudo do trabalho foi realizado em uma área agrícola situada na Linha Veado Pardo no município de Marau. O mesmo constatou que é possível fazer a aplicação do efluente tratado na área, como pode ser observado, as áreas apresentam boas características de resiliência ambiental, bem como a ausência de declividades acentuadas que ocasionem o escoamento excessivo da lâmina de irrigação.

Considerando os casos de secas que acometeram a região, com a aplicação da fertirrigação na área se tem um incremento de 11,30%, da mesma forma de 246 mm anuais de precipitação, portanto atividade vai trazer benéficos, pela questão que as culturas ali implantadas não irão sofrer stress hídrico, ocasionando um aumento de produtividade.

Quanto a disponibilização dos macronutrientes, é um ponto bastante positivo pela questão de suprir 99,63% da necessidade de Ca, 79,90% da necessidade de magnésio, 51,01% da necessidade de K, 6,80% da necessidade de P e de 4,18% da necessidade de N para a área, assim contribuído para o desenvolvimento das culturas.

Não se observou contribuições nos teores de elementos que ultrapassem os limites estabelecidos pela CONAMA 420/2009 para a área agrícola, fazendo com que não seja identificado impactos negativos do processo de aplicação.

Desta forma, concluo que a implantação de um sistema de fertirrigação só traz resultados positivos para área, tanto economicamente, quanto ambientalmente, pois após 15 anos o investimento se paga e desde o primeiro ano de implantação vai ter resultados positivos em questão do aumento da produtividade, diminuição dos gastos com insumos e de uma quantidade significativa de carga poluidora que deixará de ser emitida em recursos hídricos.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- ➔ Avaliar se a quantidade de sódio disposto na área, se poderá trazer algum malefício para as culturas com o decorrer dos anos;
- ➔ Avaliar a influência e ganhos de produtividade por ser evitado o stress hídrico das plantas;
- ➔ Fazer um estudo do efluente durante um ano, afim de avaliar a variação nutricional.

REFERÊNCIAS

AGROPÓS. **Solo Argiloso: Descubra como Aumentar a Produtividade**. Disponível em: <<https://agropos.com.br/solo-argiloso/>>. Acesso em: 10 nov. 2022.

BEATRIZ SIZILIO DOS SANTOS. **Qual a importância do estudo de viabilidade econômica para os negócios**. Agromove, 2021. Disponível em: <<https://blog.agromove.com.br/viabilidade-economica/>>. Acesso em: 20 nov. 2022.

BOHNEN, H. Acidez e calagem. In: GIANELLO, C., BISSANI, C.A., TEDESCO, M.J. (eds.) **Princípios de fertilidade de solo** Porto Alegre: Dep. de Solos. Fac. de Agronomia. UFRGS, 1995. p.51-76.

BRFERTIL. **A influência do pH do solo sobre a agricultura**. Disponível em: <<https://brfertil.com.br/a-influencia-do-ph-do-solo-sobre-a-agricultura/#:~:text=O%20pH%20do%20solo%20governa,da%20maior%20parte%20das%20plantas>>. Acesso em: 10 nov. 2022.

CAMPOS, C. M. M.; LUIZ, F.A.R de.; BOTELHO, C. G.; DAMASCENO, L. H. S. **Avaliação da eficiência do reator UASB tratando efluente de laticínio sob diferentes cargas orgânicas**. Ciência e Agrotecnologia. v..28, p.1376-1384, 2004.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade do solo**. 2022. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/solo/propriedades/>>. Acesso em: 24 abril. 2022.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resolução do CONAMA n°. 503, de 2021.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resolução do CONAMA n°. 430, de 2011.

DANTAS, Marina. **Guerra Rússia-Ucrânia: Veja como o cenário de abastecimento de fertilizantes pode ser afetado**. 2022. Disponível em: <<https://diarural.com.br/guerra-russia-ucrania-veja-como-o-cenario-de-abastecimento-de-fertilizantes-pode-ser-afetado/#:~:text=A%20escalada%20dos%20custos%20de,Pa%C3%ADs%2C%20que%20importa%2085%25%20dos>> Acesso em: 24 junho 2022.

DE MELO, André Perandin. **Normatização do uso de efluentes e lodos na agricultura no Estado de São Paulo: cenário atual e perspectivas**. 2016. 27-39 f. Monografia elaborada como requisito para conclusão do Curso de Especialização em Gerenciamento Ambiental da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP, 2016.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Solos**. 2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/contando-ciencia/soloscon%20tent/o-que-e-e-comose-forma-o-solo/1355746?inheritRedirectfalse#:~:text=O%20solo%20%20%C3%A9%20o%20resultado,lenta%20no%20relevo%20da%20terra>>. Acesso em: 24 abril. 2022.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler. **Caracterização de solos, potencial erosivo e capacidade de uso agrícola**. Fundação

Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. Disponível em: <<http://ww2.fepam.rs.gov.br/doclics/uruguai/relatorio01/Cap%203.5.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2022.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler. **Diretriz técnica referente ao descarte e ao reúso de efluentes líquidos no âmbito do Estado Do Rio Grande Do Sul**, Nº. 05/2017 Versão 2. 2019. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/CENTRAL/DIRETRIZES/DT-005-2017.PDF>>. Acesso em: 01 maio. 2022.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler. **Modelo para apresentação da declaração de carga poluidora em atendimento ao ART. 46 da RESOLUÇÃO CONAMA Nº357, de 17/03/2005**. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/central/diretrizes/decl_carga_poluidora.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2022.

FERREIRA, A.C. et al. Sanidade. **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura**. 1ª edição. Rio de Janeiro. PROSAB, 1999. p. 97.

LEGISWEB. **Portaria FEPAM nº 68, de 2019**. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=379605>>. Acesso em: 20 maio. 2022.

GALL, Joana. **Gramíneas servem para o consumo de humanos e animais. 2019**. Disponível em: Agro 2.0 em <[a href="https://agro20.com.br/gramineas/"](https://agro20.com.br/gramineas/)>Gramíneas servem para o consumo de seres humanos e animais. Acesso em: 01 maio. 2022.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA. **Geografia Do Brasil - Grande Região Sul**. Rio De Janeiro, 1968.

INDE. INFRAESTRUTURA NACIONAL DE DADOS ESPACIAIS. **Catálogo de geoserviços**. Disponível em: <<https://inde.gov.br/CatalogoGeoservicos>>. Acesso em: 02 maio. 2022.

JONES, U.S. **Fertilizers & soil fertility**. Reston : Reston. 1979. 368p.

MEGANHA, M.F.B. **Guia técnico ambiental da indústria de produtos lácteos**. São Paulo: CETESB; 2007.

MENDONÇA, H. V., Ribeiro, C. B. M., Borges, A. C., Bastos, R. R. Sistemas alagados construídos em batelada: remoção da demanda bioquímica de oxigênio e regulação do pH no tratamento de efluentes de laticínios. Revista Ambiente Água, v.2, p.442-453, 2015.

MORAES, Michelly. **Fertirrigação: Entenda o que é e seus Benefícios**. 2022. Disponível em: <<https://agropos.com.br/fertirrigacao/>>. Acesso em 24 abril. 2022.

PENA, Rodolfo Alves. **Fatores de formação dos solos**. 2022. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/fatores-formacao-dos-solos.htm>>. Acesso em 24 abril. 2022.

PMSBM. Plano Municipal de Saneamento Básico de Marau - RS. **Diagnostico Técnico Participativo e Mobilização Social**. 2019. Disponível em:

<http://www.pmmarau.com.br/images/downloads/saneamento/MARAU_Produto%20K_Volume%201.pdf> . Acesso em: 02 maio. 2022.

ROBERTO TESTEZLAF. **Irrigação: Métodos, Sistemas E Aplicações**. Campinas - SP, Universidade Estadual De Campinas, 2017.

ROSSATO, M. S. **Os climas do Rio Grande Do Sul: variabilidade, tendências e tipologia**. 2011. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências. Porto Alegre, 2011. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/32620>. Acesso em: 10 set. 2022.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL. **Senar discute produção em sistemas fertirrigados, 2021**. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/noticias/senar-discute-producao-em-sistemasFertirriga%C3%A7%C3%A3o%20C3%A9%20a%20aplica%C3%A3o%20de,todo%20o%20ciclo%20da%20cultura>>. Acesso em: 24 abril. 2022.

SGB. Serviço Geológico do Brasil. **Elementos Que Caracterizam o Clima**. 2014. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/SGB-Divulga/Canal-Escola/Elementos-Que-Characterizam-o-Clima-1267.html>>. Acesso em: 10 nov. 2022.

SPEECE, R. E. *Anaerobic biotechnology for industrial wastewater*. Nashville: Archae; 1996.

TOLENTINO, J. B. **Hidráulica Agrícola**. Santa Catarina: UFSC/CCR, 2019.
Machado, C. C. **Consumo de soluções fertilizantes por plantas adultas de lima ácida ‘tahiti’ sobre limão ‘cravo’ em irrigação localizada**. 2004. Tese (doutorado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. São Paulo, 2004. Acesso em: 10 nov. 2022.

VARASCHINI, André Dalla Corte. **Avaliação Da Fertilidade Do Solo Na Agricultura De Precisão**. 2012. 13-14 f. Monografia de Conclusão de Curso apresentada para a obtenção do título de Bacharel no Curso de Agronomia, na Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, 2012.

VIDAL, G. et al. **Influence of the content in fats and proteins on the anaerobic biodegradability of dairy wastewaters**. *Bioresource Technology, Barking*, v.74, p.231-239, 2000.

VITAL PEDRO DA SILVA. **Irrigação por aspersão e localizada**. UNESP, 2022. Disponível em: <https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/curso1.htm>. Acesso em: 10 nov. 2022.

WHITMORE, J. **Salinity and sodic soils**. s.l., s.ed. 1975. 7p.