

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS CURITIBANOS
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA, BIODIVERSIDADE E FLORESTAS
CURSO DE AGRONOMIA

Denner Cristopher Espig

**Atributos químicos do solo e potencial contaminante de fósforo em áreas
cultivadas com olerícolas por longo prazo**

Curitibanos

2022

Denner Cristopher Espig

**Atributos químicos do solo e potencial contaminante de fósforo em áreas
cultivadas com olerícolas por longo prazo**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em
Agronomia do Centro de Ciências Rurais da
Universidade Federal de Santa Catarina como
requisito para a obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Djalma Eugênio Schmitt

Curitibanos

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de
Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Espig, Denner Christopher
Atributos químicos do Solo e potencial contaminante de
fósforo em áreas cultivadas com Olerícolas por longo prazo /
Denner Christopher Espig ; orientador, Djalma Eugênio
Schmitt, 2022.
61 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2022.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Olericultura. 3. Cama de aviário. 4.
Fósforo. 5. Excesso de nutrientes. I. Schmitt, Djalma
Eugenio. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Agronomia. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia

Rodovia Ulysses Gaboardi km3

CP: 101 CEP: 89520-000 - Curitibanos - SC

TELEFONE (048) 3721-4174 E-mail: agronomia.cbs@contato.ufsc.br.

DENNER CRISTOPHER ESPIG

Atributos químicos do solo e potencial contaminante de fósforo em áreas cultivadas com olerícolas por longo prazo

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia.

Curitibanos, 09 de novembro de 2022.

Prof. Dr. Douglas Adams Weiler
Coordenado do Curso

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente

DJALMA EUGENIO SCHMITT

Data: 09/11/2022 11:35:48-0300

CPF: ***.180.539-**

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Djalma Eugênio Schmitt
Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente

Douglas Adams Weiler

Data: 09/11/2022 20:05:21-0300

CPF: ***.111.820-**

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof.(a) Dr. Prof. Douglas Adams Weiler
Membro da banca examinadora
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente

Karine Louise dos Santos

Data: 30/11/2022 16:22:59-0300

CPF: ***.627.599-**

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Profa. Dra. Karine Louise dos Santos
Membro da banca examinadora
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida, por me guiar e iluminar meu caminho, me dando forças para superar todos os obstáculos dessa jornada.

Aos meus pais Gerson e Lenice, que sempre me apoiaram de todas as formas possíveis para eu conseguir alcançar meus objetivos. Aos “netos” Taysa, Jonas, Tamara, William e Yasmin, por todos os momentos divertidos e de descontração. Ao Opa e a Oma, pelo exemplo, carinho e conhecimentos que me transmitiram. A todos meus familiares pelo apoio, motivação e incentivo.

Ao orientador, professor Dr. Djalma Eugênio Schmitt, pela oportunidade de participar da iniciação científica, grupos de estudos e me orientar nesse trabalho, por todos os ensinamentos, atenção, conselhos e amizade. Muito obrigado!

A todos os amigos que sempre se preocuparam comigo e de alguma forma me deram apoio. Aos amigos que a faculdade me proporcionou. Em especial ao “Quinteto Fantástico”, Angela, Arthur, Beatriz e Murilo, que juntos realizamos grandes trabalhos e ao mesmo tempo pudemos nos divertir.

A todos os professores pelo esforço em transmitir o conhecimento e sempre estarem a disposição para atender as nossas dúvidas. Aos técnicos do laboratório de química pela paciência e toda ajuda para realização deste trabalho. A UFSC, por oferecer um ambiente de qualidade e ferramentas para o meu desenvolvimento profissional e pessoal.

Muito Obrigado a Todos!

RESUMO

A olericultura é uma atividade caracterizada principalmente pelo cultivo de plantas folhosas, tubérculos e alguns frutos, onde as principais espécies são a couve-folha, cebolinha verde, salsa e alface. São consideradas espécies exigentes em nutrientes prontamente disponíveis e plantas esgotantes do solo. A cama de aviário pode ser utilizada como fonte de nutrientes para olerícolas, porém o uso sem critério pode levar ao excesso de nutrientes no solo e perda para ambientes aquáticos. O fósforo (P) é um elemento essencial para as plantas, mas em excesso pode saturar o solo e ficar disponível para ambientes aquáticos, onde pode se tornar um poluente e causar eutrofização. O objetivo desse trabalho foi de avaliar atributos químicos do solo, fósforo disponível e fósforo em cloreto de Cálcio (CaCl_2) em diferentes profundidades de solos cultivados com olerícolas por longo prazo. O estudo foi realizado em uma propriedade de Ilhota – SC, onde foram selecionadas áreas cultivadas durante 6, 20, 30 e 50 anos, que utiliza principalmente a cama de aviário como fonte de nutrientes e uma área de mata nativa como testemunha, das quais foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0 – 5, 5 – 10, 10 – 15, 15 – 20, 20 – 30 e 0 – 20 cm, as quais foram avaliados granulometria, pH em água, acidez potencial (H+Al), Carbono orgânico total (COT), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e alumínio (Al^{3+}) trocáveis, P disponível, P solúvel em CaCl_2 . Também foram avaliados massa fresca (Mf), massa seca (Ms) e P em tecido, de salsa, cebolinha verde e couve-folha cultivadas na propriedade, para estimar a exportação de P pelas culturas. Os resultados mostram que os solos cultivados, adubados com cama de aves por longo prazo, apresentam valores de pH próximo a neutro e menores teores de H + Al e Al^{3+} em comparação com a mata nativa, bem como os teores de Ca^{2+} foram superiores nos solos cultivados. Além disso os solos cultivados apresentaram teores elevados de P disponível e P em CaCl_2 , superando o teor crítico para as culturas e o limite crítico ambiental de P no solo. Isso indica a possibilidade de perda de P para recursos hídricos. Já os teores de P no tecido das plantas cultivadas estão dentro dos teores considerados adequados. Para solos cultivados a mais de 50 anos, poderiam ser realizados 98 colheitas de couve-folha, aproximadamente 4 anos, sem aplicação de fertilizantes fosfatados até os valores atingirem níveis adequados de P no solo, sem expectativa de alteração na produtividade.

Palavras-chave: Olericultura, cama de aviário, fósforo, excesso de nutrientes.

ABSTRACT

Olericulture is an activity characterized mainly by the cultivation of leafy plants, tubers and some fruits, where the main species are cabbage, green onions, parsley and lettuce. They are considered demanding species in readily available nutrients and soil-depleting plants. Poultry litter can be used as a source of nutrients for vegetable crops, but improper use can lead to excess nutrients in the soil and loss to aquatic environments. Phosphorus (P) is an essential element for plants, but in excess it can saturate the soil and become available for aquatic environments, where it can become a pollutant and cause eutrophication. The objective of this work was to evaluate soil chemical attributes, available phosphorus and phosphorus in Calcium chloride (CaCl_2) at different depths in soils cultivated with vegetable crops for long term. The study was carried out on a property in Ilhota - SC, where areas cultivated for 6, 20, 30 and 50 years were selected, which mainly use poultry litter as a source of nutrients and an area of native forest as a witness, of which Soil samples were collected in layers of 0 – 5, 5 – 10, 10 – 15, 15 – 20, 20 – 30 and 0 – 20 cm, which were evaluated for granulometry, pH in water, potential acidity (H+Al), Total organic carbon (TOC), calcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}) and aluminum (Al^{3+}) exchangeable, available P, soluble P in CaCl_2 . Fresh mass (Mf), dry mass (Ms) and P in tissue of parsley, green onions and kale grown on the property were also evaluated to estimate P exportation by crops. The results show that cultivated soils, fertilized with poultry litter for a long time, have pH values close to neutral and lower levels of H + Al and Al^{3+} compared to native forest, as well as higher levels of Ca^{2+} in soils cultivated. In addition, the cultivated soils showed high levels of available P and P in CaCl_2 , exceeding the critical level for crops and the environmental critical limit of P in the soil. This indicates the possibility of loss of P to water resources. The levels of P in the tissue of cultivated plants are within levels considered adequate. For soils cultivated for more than 50 years, 98 cabbage harvests could be carried out, approximately 4 years, without application of phosphate fertilizers until the values reach adequate levels of P in the soil, with no expectation of change in productivity.

Keywords: Olericulture, poultry litter, phosphorus, excess nutrients.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Teores de carbono orgânico total (g kg^{-1}) em diferentes camadas de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com olerícolas por diferentes períodos de tempo e solo de mata nativa, no município de Ilhota – SC34
- Figura 2 – Teores de pH em água (a) teores de Al^{3+} (b) e teores de H+Al (c) em diferentes camadas de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com olerícolas por diferentes períodos de tempo e solo de mata nativa, no município de Ilhota – SC...36
- Figura 3 - Teores de cálcio trocável (a) e magnésio trocável (b) em diferentes camadas de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com olerícolas por diferentes períodos de tempo e solo de mata nativa, no município de Ilhota – SC38
- Figura 4 - Teores de P disponível (a) e P_{cacl_2} (b) em diferentes camadas de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com olerícolas por diferentes períodos de tempo e solo de mata nativa, no município de Ilhota – SC41
- Figura 5 – Valores de LCA-P calculados nas camadas de 0 – 5 cm (a), 5 – 10 cm (b), 20 – 30 cm (c) e 0 – 20 cm (d), em um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com olerícolas por diferentes períodos de tempo e solo de mata nativa, no município de Ilhota – SC. Barras azuis representam o LCA-P e barras laranjas o P disponível extraído por Mehlich-143

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Teores médios de carbono orgânico, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e matéria seca na cama de aviário de corte submetida a quantidades de crescentes de lotes.	18
Tabela 2 – Teores de nutrientes considerados adequados no tecido foliar, de diferentes culturas olerícolas. Nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg).	21
Tabela 3 – Parâmetros físicos e químicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com olerícolas por diferentes períodos de tempo na camada de 0 – 20 cm no município de Ilhota – SC.	31
Tabela 4 – Teores de massa fresca (Mf), massa seca (Ms) e fósforo no tecido (P_{tec}) da parte comercializável de salsa, cebolinha e couve folha produzidas na propriedade e alface por Pinheiro (2015) e milho para silagem por Ueno (2006).	46
Tabela 5 – Teores de P disponível, LCA-P, quantidade de P que precisa ser reduzida até atingir o LCA-P, na camada de 0 – 20 cm e estimativas de número de colheitas e anos sem aplicar fertilizantes que contenham fósforo, em um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com olerícolas por diferentes períodos de tempo e solo de mata nativa, no município de Ilhota – SC.....	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Al³⁺ Alumínio trocável

Arg. Argila

C-org Carbono orgânico

COT Carbono orgânico total

Ca²⁺ Cálcio trocável

CaCl₂ Cloreto de cálcio

cm Centímetros

CMAP Capacidade máxima de adsorção de fósforo

CTC Carga de Troca de Cátions

DMS Diferença mínima significativa

Fe Ferro

g Gramas

H+Al Acidez potencial

ha Hectare

K Potássio

K₂O Óxido de potássio

kg Quilograma

kg ha⁻¹ Quilograma por hectare

KCl Cloreto de potássio

LCA-P Limite crítico ambiental de fósforo

m² Metro quadrado

mm Milímetros

mg Miligramas

Mg²⁺ Magnésio trocável

Ms Massa seca

M_{solo} Massa de solo

Mf Massa fresca

N Nitrogênio

NaOH Hidróxido de sódio

nm Nanômetros

NS Não significativo

N_{total} Nitrogênio total

P Fósforo

P₂O₅ Pentóxido de fósforo

P_{disp} Fósforo disponível

pH Potencial hidrogeniônico

P_i Fósforo inorgânico

P_o Fósforo orgânico

P_{est} Fósforo estocado no solo

P_{red} Fósforo que precisa ser reduzido

P_{tec} Fósforo no tecido foliar

P_{exp} Fósforo exportado

SMP Shoemaker, McLean e Pratt

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS	15
1.1.1	Objetivos Gerais	15
1.1.2	Objetivos Específicos	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1	OLERICULTURA.....	16
2.2	ADUBAÇÃO NA OLERICULTURA.....	17
2.3	DINÂMICA E COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL EM OLERÍCOLAS.....	21
2.4	POTENCIAL CONTAMINANTE DE FÓSFORO.....	22
3	MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1	LOCAL E CARACTERIZAÇÃO DA PROPRIEDADE	25
3.2	COLETA DE SOLO E DE TECIDO VEGETAL.....	26
3.3	ANÁLISES DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DO SOLO, TECIDO VEGETAL E DA CAMA DE AVES	27
3.3.1	Análises de solo	27
3.3.2	Análises de tecido vegetal e cama de aves	29
3.4	ESTIMATIVA DE CULTIVOS E PERÍODOS SEM APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES FOSFATADOS.....	29
3.5	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1	PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO	31
4.2	PARÂMETROS QUÍMICOS DO SOLO NAS CAMADAS ESTRATIFICADAS.....	34
4.2.1	Carbono orgânico total	34
4.2.2	Parâmetros de acidez do solo.....	35
4.2.3	Cálcio e magnésio trocáveis	38

4.2.4	Fósforo disponível e fósforo em CaCl₂.....	40
4.3	LIMITE CRÍTICO AMBIENTAL DE FOSFORO	42
4.3.1	Teores de nutrientes no tecido e medidas mitigatórias.....	44
5.	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS.....	50

1. INTRODUÇÃO

A olericultura é um ramo da horticultura que trata do cultivo de plantas folhosas, tuberosas, frutos, entre outras com partes comestíveis, bem como algumas flores, comumente chamadas de hortaliças. O cultivo destas espécies geralmente é realizado no solo, em pequenas propriedades, que no estado de Santa Catarina tem grande participação da agricultura familiar e associações desses agricultores para elevar os ganhos e reduzir custos de produção (STOCK, 2015). Devido ao ciclo curto de algumas dessas culturas, o solo é utilizado intensivamente, sujeito a revolvimentos e aplicação de fertilizantes minerais e orgânicos. Além disso, a maioria das espécies olerícolas apresentam sistema radicular pouco desenvolvido, que explora principalmente as camadas superficiais do solo, o que exige aplicação de grandes quantidades de fertilizantes na superfície do solo e próximos das raízes (CAETANO, 2014; PUIATTI 2019).

A cama de aviário é uma alternativa de fertilizante muito utilizada para o cultivo de diversas culturas e disponível em Santa Catarina. Segundo o IBGE (2020), Santa Catarina ocupa o 3º lugar na produção de frango de corte. A utilização de cama de aviário é comum como fertilizante para o cultivo de olerícolas, pois apresenta nutrientes essenciais para as plantas em sua composição, porém muitas vezes é utilizada sem análise de solo nem recomendação. É necessário realizar um manejo correto da adubação, o que pode ser complexo principalmente para produtores que cultivam várias espécies durante o ano, pois cada cultura possui suas exigências nutricionais específicas, dificultando o manejo de adubação e exigindo maior tecnificação do produtor (PEREIRA; PEREIRA, 2016).

Cabe ressaltar que a exportação de nutrientes por essas plantas, dentre eles o fósforo (P), é baixa em cada colheita, sendo que apenas parte comercializável da planta é retirada e os restos culturais, que geralmente são em pequena quantidade, retornam ao solo, porém, o ciclo curto permite várias colheitas ao longo do ano (AMARO *et al.*, 2007). Assim, com a falta de critérios técnicos, pode ocorrer o acúmulo de nutrientes, como o P, na camada superficial do solo, que com o passar do tempo pode levar ao desbalanço nutricional, causando danos econômicos e ambientais (MORINO, 2021). O P em excesso, pode saturar parte dos sítios de adsorção do solo e ser erodido junto com o solo pelo escoamento superficial da água, ficando disponível

para ambientes aquáticos, tendo a possibilidade de causar eutrofização de lagos e rios. Em grande parte, o P fica adsorvido nas argilas silicatadas, portanto, o potencial de contaminação é maior em solos com baixo teor de argila, frequentemente cultivados com olerícolas. Além disso, a aplicação de fertilizantes quando não há necessidade é uma prática onerosa, que leva ao desperdício de mão-de-obra e de recursos (GATIBONI *et al.*, 2014).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivos Gerais

Este trabalho tem como objetivo avaliar os atributos químicos do solo e potencial contaminante de fósforo em áreas cultivadas com olerícolas ao longo do tempo de cultivo.

1.1.2 Objetivos Específicos

Avaliar teores de carbono orgânico total, atributos de acidez, cálcio e magnésio trocáveis ao longo do perfil do solo, em solos fertilizados com cama de aves, cultivados com olerícolas por diferentes períodos;

Avaliar teores de P disponível, P em CaCl_2 e potencial contaminante de P pelo limite crítico ambiental de P;

Avaliar a produção de massa fresca, massa seca e os teores de P no tecido de cebolinha verde, couve-folha e salsa cultivadas na propriedade;

Estimar o período de tempo de cultivo sem a necessidade de aplicação de P, para atingir valores seguros de P no solo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 OLERICULTURA

A olericultura é um ramo da horticultura que engloba o cultivo de diversas plantas folhosas, raízes, tubérculos, bulbos e frutos, também compreendido como grupo de vegetais, que podem ser consumidos crus (ANDRIOLO, 2017). Plantas olerícolas estão entre a alimentação básica, sendo importantes fontes de sais minerais, vitaminas e fibras. O cultivo destas espécies é predominante em pequenas propriedades de mão de obra familiar. Esta atividade pode enriquecer e complementar a dieta, bem como ser uma fonte de renda de retorno rápido (AMARO, 2007).

O cultivo de plantas olerícolas pode ser em pequenos ou grandes espaços, as hortas caseiras tendem a ter maior variedade de plantas, já as hortas comerciais podem ser encontradas em vários níveis de tecnificação e área, distantes de centros consumidores, onde focam em reduzido número de espécies e em aumentar a quantidade produzida (ZÁRATE; VIEIRA, 2018). Em geral a olericultura tem alta intensidade de uso da terra e de seus recursos, principalmente pela curta duração dos ciclos das olerícolas e pela rotação de culturas que permite o cultivo o ano todo (PEREIRA; PEREIRA, 2016).

Segundo o relatório Cenário Hortifruti Brasil (2018), a olericultura emprega cerca de 7 milhões de pessoas, em aproximadamente 1,6 milhões de hectares. A produção se concentra nos estados de São Paulo, Minas Gerais e na região Sul do país, porém estes estão reduzindo suas áreas. A expansão de novas áreas de olericultura, tem se situado na região do Cerrado e Nordeste. Em 2016, o cultivo de plantas folhosas no Brasil envolveu cerca de 1,5 milhão de produtores, que no total cultivam aproximadamente 174 mil hectares (menos de 0,3 ha por produtor), destacando-se as culturas da alface, com 49% da área, repolho, com 15,3% da área e couve folha, com 3,1% da área, restando 28,7% para as demais culturas folhosas. A produção dessas folhosas soma 1,3 milhão de toneladas (ABCSEM, 2018). Já em relação da produção de hortaliças orgânicas, o Brasil produz cerca de 267.385 toneladas.

O cultivo de olerícolas pode ser em sistemas convencional, orgânico, protegido, plantio direto, hidropônico, sem solo, entre outros. No Brasil o sistema

convencional no solo a céu aberto é o mais utilizado, porém está mais susceptível as intempéries climáticas, incidência de pragas e doenças e irregularidades na produção. No sistema convencional, também é realizada a prática do encanteiramento com enxada rotativa, montada em trator ou micro trator, realizado a cada plantio, exceto em condições climáticas que impedem a entrada de máquinas na lavoura. O encanteiramento tem função de incorporar fertilizantes, restos das culturas anteriores e plantas daninhas. Devido ao curto ciclo das hortaliças, a prática de encanteiramento pode ser realizada várias vezes durante o ano, levando a pulverização do solo e pé de arado, o que pode contribuir para erosão (ANDRIOLO, 2017). O comprimento dos canteiros varia de acordo com a disponibilidade de área, já a largura do canteiro, do carreador e da profundidade de trabalho variam com o implemento, sendo a largura média de 1,25 m + 0,25 m de carreador e a profundidade média de trabalho é de 20 cm.

2.2 ADUBAÇÃO NA OLERICULTURA

Plantas olerícolas são consideradas exigentes em adubação, pois tem a característica de permitir vários cultivos sucessivos e absorver grande quantidade de nutrientes em curto período de tempo, devido ao rápido crescimento. Além disso, apresentam respostas significativas à adubação em aumento de produtividade e valor comercial. Cabe ressaltar que parte da planta é colhida, retirada, tornando seu cultivo esgotante do solo (CQFS, RS/SC, 2016). Um cultivo de alface 'Elba' por exemplo, pode retirar aproximadamente 1559,86 kg ha⁻¹ de biomassa seca em um cultivo (PINHEIRO, 2015). Já uma colheita de couve folha pode retirar aproximadamente 4125 kg ha⁻¹ de biomassa seca (MOURA, 2018), porém, considerando o cultivo de couve por um ano, onde após 90 dias podem ser iniciadas as colheitas, permitido aproximadamente 270 dias de colheitas das rebrotas das folhas a cada 15 dias, poderiam ser retirados aproximadamente 74257 kg ha⁻¹ de biomassa seca em um cultivo anual de couve folha. Essa situação acentua a importância do acompanhamento dos teores de nutrientes com análise de solo (CQFS, RS/SC, 2016).

O Manual de Calagem e Adubação para o Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2016) traz informações detalhadas sobre a adubação de várias olerícolas, produzidas sob cultivo convencional, a fim de garantir produtividade. O

A utilização da cama de aviário pode contribuir para melhoria de características do solo, como acúmulo de matéria orgânica, favorecer a atividade biológica, melhorar a estruturação, aeração e o armazenamento de água, promove a melhoria da fertilidade do solo e o rendimento das culturas, porém deve ser utilizada conforme recomendações técnicas para garantir efeitos benéficos e ter melhor aproveitamento (CQFS - RS/SC, 2016).

A cama de aviário recebe tratamentos para ajustes do pH e controle de patógenos das aves, nestes tratamentos podem ser aplicados produtos que contenham Ca, como a cal virgem (DAI PRA, 2009), além disso, a cama pode atingir o pH de 8,8 após um lote (NAMIUCHI *et al.*, 2012). Ao aplicar a cama de aviário no solo, como fertilizante, parte da cal virgem pode reagir no solo. A cal virgem é um corretivo de acidez com potencial de correção maior que o calcário agrícola normal (CARMO *et al.*, 2013). Com isso, o uso de cama de aves como fertilizante pode elevar o pH do solo.

O Manual de Calagem e Adubação de RS e SC (CQFS - RS/SC, 2016) apresenta valores de referência para os atributos do solo. Sendo o valor ideal de pH para olerícolas entre 5,5 e 6,0. Os teores de P são classificados como “Muito baixo”, “Baixo”, “Médio”, “Alto” e “Muito alto”, dependendo dos teores de argila, de forma que solos com teores de argila entre 21 a 40 % e 41 a 60%, são classificados como “Alto” quando os teores de P disponível estão entre 18 a 36 mg dm⁻³ e 12,1 a 24 mg dm⁻³. Já para Ca²⁺ e Mg²⁺ o teor é classificado como “Alto” quando atinge 4 cmol_c dm⁻³ e 1 cmol_c dm⁻³ respectivamente. O objetivo da recomendação é de atingir a classe “Alto”, na qual se alcança o teor crítico, teor em que a resposta das plantas não traz mais retorno econômico com aumento de dosagens de aplicação de fertilizantes. A reposição de nutrientes corresponde as quantidades exportadas e eventuais perdas naturais no sistema, sem causar acúmulos de nutrientes. O teor crítico está no limite superior da classe “médio”, quando o teor de algum nutriente como o P e K no solo superar 3 vezes este valor, não é recomendado a aplicação de desses nutrientes, devido ao risco de danos ambientais. Com estas classificações são recomendadas as quantidades de cada nutriente que deve ser aplicada para cada cultura. Dessa forma, para a salsa por exemplo, as doses de P a serem aplicadas variam de 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para solo classificado como “Muito baixo” a 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para solos classificados como “Muito alto”, desde que os teores de P disponível no solo não

ultrapassem três vezes o teor crítico. A partir das recomendações é preciso buscar o fertilizante que atenda da melhor maneira aos requisitos do solo e das plantas.

No caso do uso de cama de aviário, a composição e número de lotes, proporciona concentrações variadas de nutrientes, taxa de liberação no solo e disponibilidade para as plantas, o que causa complexidade quanto ao seu uso como fertilizante. Portanto, é recomendada a análise química destes adubos antes de sua utilização, ou no mínimo a utilização dos teores médios de nutrientes apresentados no Manual de Adubação e Calagem de RS e SC (2016), ações muitas vezes inacessíveis. Para calcular a dose de aplicação de cama de aviário, é preciso considerar o índice de eficiência agrônômica dos nutrientes da cama, o qual indica a quantidade de nutrientes que será disponibilizada, no primeiro cultivo e quanto fica remanescente no segundo cultivo. No caso de olerícolas, é recomendado considerar N mineral da cama de aves, que corresponde em média 25% do N total da cama, a qual tem índice de eficiência de 0,5 (CQFS - RS/SC, 2016).

Cabe ressaltar que a proporção dos teores de nutrientes da cama de aviário, varia com o material de origem e número de lotes, o que pode ocasionar a falta de algum nutriente ou excesso de outros dependendo da dose aplicada. Portanto, é recomendado que a dose forneça o nutriente menos exigido, complementando o restante dos nutrientes com fertilizantes minerais solúveis em água (CQFS - RS/SC, 2016; TRANI; TRANI, 2011). O que na prática nem sempre acontece.

Para adubação de sistemas agroecológicos de produção orgânica, o monitoramento da fertilidade do solo é tão importante quanto em sistemas convencionais, além disso, deve ser levado em conta, as normativas técnicas para este tipo de cultivo, as quais indicam quais fertilizantes podem ser utilizados. Os principais fertilizantes orgânicos são os fertilizantes orgânicos simples, fertilizantes orgânicos mistos, fertilizantes orgânicos compostos e fertilizantes organominerais. É importante consultar informações e técnicas de como utilizar estes fertilizantes, buscando também o apoio da extensão rural das empresas públicas e privadas. Autores como Trani *et al*, (2013) trazem informações importantes de concentração de nutrientes de alguns destes fertilizantes (CQFS - RS/SC, 2016; SOUZA; ALCÂNTARA, 2008; TRANI *et al.*, 2013).

2.3 DINÂMICA E COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL EM OLERÍCOLAS

As espécies olerícolas folhosas tem crescimento rápido, ou seja, extraem nutrientes do solo em pouco tempo e geralmente são colhidas antes de florir e frutificar. Ao atingir um padrão comercializável, parte da planta é colhida, retirada da lavoura, levando consigo nutrientes extraídos do solo, conferindo a exportação de nutrientes (BATISTA, 2018).

Com a aplicação de fertilizantes antes de cada plantio, é comum encontrar maiores concentrações de nutrientes na superfície do solo, porém o revolvimento com enxada rotativa pode levar os nutrientes para maiores profundidades. Dessa maneira, a quantidade de nutrientes fornecidos pode ser maior que a quantidade extraídas pelas plantas, causando acúmulo de nutrientes no solo. Elevados níveis de nutrientes, como o fósforo, podem ser prejudiciais ao crescimento das plantas e ao meio ambiente (ANDRIOLO, 2017).

A composição das plantas varia entre 70 a 95 % de água, o restante é matéria seca, da qual apenas 4 a 6% corresponde aos minerais, ou seja, pequenas quantidades de nutrientes são exportadas (BARROS, 2020). Os teores desses nutrientes na matéria seca do tecido vegetal, são mais representativos em relação ao estado nutricional das plantas, quando analisadas suas folhas. O teor encontrado no tecido, tem relação direta com a disponibilidade de nutrientes no solo (PREZOTTI; GUARÇONI, 2013). Prezotti e Guarçoni M. (2013) apresentam teores de nutrientes em tecido vegetal considerados adequados para diversas culturas, algumas delas apresentadas na tabela 2.

Tabela 2 – Teores de nutrientes considerados adequados no tecido foliar, de diferentes culturas olerícolas. Nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg).

Cultura	N	P	K	Ca	Mg
g kg ⁻¹					
Alface	30,0 - 50,0	4,0 - 7,0	50,0 - 80,0	18,0 - 25,0	4,0 - 6,0
Cebola	25,0 - 35,0	2,0 - 4,0	30,0 - 50,0	15,0 - 30,0	3,0 - 5,0
Cenoura	20,0 - 30,0	2,0 - 4,0	40,0 - 60,0	25,0 - 30,0	4,0 - 7,0
Couve-flor	40,0 - 60,0	4,0 - 8,0	25,0 - 50,0	20,0 - 35,0	2,5 - 5,0
Repolho	30,0 - 50,0	4,0 - 7,0	30,0 - 50,0	15,0 - 30,0	4,0 - 7,0

Autor: Adaptado de Prezotti; Guarçoni, 2013.

Furlani *et al.* (1978), realizaram determinação de nutrientes em tecido vegetal de diversas hortaliças, cultivadas na região de Campinas – SP, onde os autores colheram e secaram toda a parte folhosa para determinação de nutrientes. Alguns resultados têm teores de nutrientes semelhantes aos da tabela 2. Os autores também avaliaram os teores de nutrientes em couve manteiga, pertencente ao gênero Brassica, assim como o repolho e couve-flor, obtendo os valores de 42,23 g kg⁻¹ de N, 4,76 g kg⁻¹ de P, 36,9 g kg⁻¹ de K, 25,1 g kg⁻¹ de Ca e 3,3 g kg⁻¹ de Mg.

Para determinar o teor de nutrientes em cebolinha verde, Belfort e Haag (1983) realizaram experimentos em vasos com sílica moída, regados com solução nutritiva contendo todos os nutrientes essenciais. Em folhas maduras de cebolinha verde, determinaram os valores de, 25,2 g kg⁻¹ de N, 1,8 g kg⁻¹ de P, 35,7 g kg⁻¹ de K, 19,2 g kg⁻¹ de Ca e 6,8 g kg⁻¹ de Mg.

Para as olerícolas folhosas o teor de nutrientes encontrados no tecido foliar é semelhante ao teor exportado, pois são as folhas as partes que não retornam ao solo. Segundo Faquin e Andrade (2004), a exigência de macronutrientes de olerícolas segue a seguinte ordem decrescente: K>N>Ca>Mg>P=S.

2.4 POTENCIAL CONTAMINANTE DE FÓSFORO

O P, elemento de várias funções na natureza, é essencial a vida e em poucas quantidades no solo pode ser limitante ao desenvolvimento de plantas. Já na água pode ser um poluente que causa a eutrofização (KLEIN; AGNE, 2012). Nas plantas, o P é absorvido via xilema na forma de H₂PO₄⁻ e HPO₄²⁻ e sua redistribuição na planta via floema é fácil. A função mais importante do P na planta é fazer parte do trifosfato de adenosina (ATP), a molécula que armazena e transporta energia da fotossíntese e da respiração, outra participação importante de P é na composição dos nucleotídeos (FAQUIN; ANDRADE, 2004). Os solos do Sul do Brasil são naturalmente pobres em nutrientes, fazendo-se necessária a aplicação de fertilizantes para o cultivo de olerícolas, ou outras formas de adubos orgânico para o cultivo orgânico. Com o alto custo de fertilizantes químicos solúveis em água, os dejetos de animais, como a cama de aviário tem sido uma excelente alternativa (CQFS - RS/SC, 2016; GATIBONI *et al.*, 2014).

Em fertilizantes orgânicos e no solo o P pode ser encontrado na forma orgânica (Po) e inorgânica (Pi). Para ser utilizado pelas plantas maior parte do Po precisa ser transformado em Pi, esse processo, conhecido como mineralização, ocorre por meio de hidrólise de formas orgânicas de P, liberando Pi para a solução do solo. Nesse processo atuam as enzimas fosfatases, produzidas por plantas e microrganismos, para realizar essa degradação de P (CONTE *et al.*, 2002). O Pi é compreendido como o P dos minerais e o P disponível na solução do solo (WALKER; SYERS, 1976, apud SCHMITT, 2016). O Pi pode estar ligado no solo com diversas formas e graus de estabilidade química, como o P adsorvido aos coloides, aos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio. Já o Po constitui de 5 a 80% do P total do solo, grande parte do Po no solo pode ser compreendido como o P imobilizado, proveniente de resíduos vegetais e animais, de tecido microbiano e dos produtos de sua decomposição (GATIBONI, 2003; SANTOS; GATIBONI; KAMINSKI, 2008).

A aplicação de fertilizantes de maneira que a quantidade de nutrientes adicionada aos solos é maior que a quantidade exportada pelas plantas pode causar acúmulo de nutrientes no solo e parte pode ser perdido, dentre eles o P. Este acúmulo de P pode ocorrer em ligações fracas (lábeis ou P lábil), disponível para as plantas, em equilíbrio na solução do solo e ligações mais fortes (recalcitrantes ou P não lábil), indisponível as plantas, imobilizado ou fixado ao solo por ligações com a superfície das partículas do solo (BATISTA *et al.*, 2018).

A partir de um determinado teor de P no solo, este elemento não é mais adsorvido pelas partículas do solo e atinge a capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), neste ponto ocorre sua liberação para a água, permitindo a lixiviação. (CQFS - RS/SC, 2016; GATIBONI *et al.*, 2014). A principal perda de P ocorre pela erosão, pois o P é fortemente fixado as partículas do solo, dessa maneira, o excesso de água não infiltrada no solo causa a erosão, carregando partículas do solo superficial com altos teores de P para ambientes aquáticos. Além disso, em condições de elevada quantidade de P, em que os sítios de adsorção estão saturados ocorre a lixiviação, migração do P ao longo do perfil do solo, provocando a contaminação em águas subterrâneas (GATIBONI *et al.*, 2014). Estas formas mais lábeis de P podem ser extraídas do solo com água ou solução salina de CaCl_2 a $0,001 \text{ mol L}^{-1}$ (KUO, 1996). Segundo a resolução do CONAMA (2005) o Brasil adota como limite de P em água de ambiente aquático o teor de 0,02 a $0,15 \text{ mg L}^{-1}$. Porém Gatiboni *et al.*, (2014)

afirma que estes valores não são válidos para P_{CaCl_2} , pois para determinar o LCA-P os teores foram extraídos de água em contato com solo.

A capacidade de adsorção de P do solo está relacionada com o teor de argila do solo, pois as argilas apresentam maior capacidade de armazenar P, na forma lábil e não lábil, devido as grandes quantidades de sítios de adsorção dessas partículas, formação de precipitados com Ca^{2+} em solos alcalinos e óxidos e hidróxidos de Fe^{3+} e Al^{3+} em solos ácidos. O P não lábil está em maiores quantidades no solo, portanto mesmo o P não sendo o elemento mais absorvido pelas plantas, a alta formação de P não lábil justifica as altas doses de aplicações de fertilizantes fosfatados ao solo (BATISTA *et al.*, 2018; PREZOTTI; GUARÇONI M., 2013).

Quanto maior o teor de argila no solo, mais P é retido e quanto menor o teor de argila, menor a capacidade do solo de reter P. Portanto, mais cuidados o agricultor precisa ter para evitar problemas ambientais. Pensando nisso, Gatiboni *et al.* (2014), propôs uma equação para definir o limite crítico ambiental de P (LCA-P), a qual utiliza os resultados da análise de solo básica. A equação foi elaborada por meio de testes da capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) por solos com diferentes texturas, pela quantidade de P disponível extraída por Mehlich-1 e pela quantidade de P liberado em água, sendo: **$LCA-P (mg\ dm^{-3}) = 40 + \%argila$** , onde o teor de argila é obtido na análise de solo.

Ao atingir a CMAP o solo deixa de reter P, permitindo que o excesso seja facilmente disponibilizado para água. Outros aspectos, como o manejo do solo, presença de cobertura vegetal e declividade do terreno podem afetar essas perdas. Portanto, como margem de segurança, o valor de LCA-P representa 80% da CMAP, ou seja, do P disponível que pode ser adsorvido pelo solo. O LCA-P foi criado para áreas que recebem dejetos líquidos suínos, mas os autores afirmam que a equação pode ser utilizada para calcular o potencial poluente de P de solos que recebem todos tipos de fertilizantes. Atualmente o Instituto do Meio Ambiente (IMA, 2022), por meio da Instrução normativa IN 11, utiliza esta metodologia para o monitoramento em solos que recebem fertilizantes de suínos. No entanto, isso poderia ser utilizado para as demais culturas que aplicam quantidades excessivas de fertilizante fosfatado no solo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL E CARACTERIZAÇÃO DA PROPRIEDADE

O presente estudo foi realizado em uma propriedade de produção de olerícolas, coordenadas (26°46'58.11" S, 48°56'10.44" O), altitude de aproximadamente 80 metros, situada no município de Ilhota – SC. O clima da região é subtropical mesotérmico úmido com verão quente – Cfa segundo a classificação de Köppen (KOTTEK *et al.*, 2006), pluviosidade média de 1534,9 mm por ano e temperatura média de anual de 21°C (WREGGE *et al.*, 2012). O solo da propriedade é ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO (SiBCS, 2018), com baixo teor de argila em superfície. A propriedade de aproximadamente 25 ha, sendo 13 ha de mata nativa e 5 ha destinados a olericultura, onde o cultivo se concentra em aproximadamente 3 ha. Os 7 ha restantes são destinados a pastagens, cultivo de palmeira real e pinus e ao espaço das construções. A declividade é de aproximadamente 1% na área agricultável. Na região, em um raio de 5 km, existem mais 19 produtores de olerícolas, onde a maioria produz em cultivo convencional a céu aberto, 14 produtores de banana e 2 produtores de cana-de-açúcar.

Nesse estudo, foram avaliados solos cultivados ao longo de 6, 20, 30 e 50 anos (06AC, 20AC, 30AC e 50AC respectivamente) e solo de mata nativa (MN). Antes do cultivo de olerícolas, na área cultivada 50, era realizado o cultivo de tabaco e cana de açúcar, fertilizados principalmente com cama de poedeiras. A área cultivada a 30 anos, era de pastagem, onde havia uma “grotá”, antes do cultivo de olerícolas a área foi nivelada. Na área cultivada a 20 anos, havia pastagem com um curso d’água sinuoso, formando um banhado, o qual foi drenado e canalizado. Já a área de 6 anos de cultivo de olerícolas havia um açude artificial, o qual foi seco e nivelado para o cultivo de olerícolas. A área de mata nativa utilizada para o estudo é classificada como Floresta Ombrófila Densa (KLEIN, 1978), sendo uma mata ciliar, onde predomina vegetação secundária em estágio médio e avançado de regeneração (CONAMA, 1994), de onde foi explorado apenas a palmeira juçara há 15 anos, sem a derrubada de demais espécies.

A propriedade é conduzida nos últimos 50 anos em sistema de cultivo convencional, em canteiros a céu aberto, as principais espécies cultivadas o longo do

ano são alface crespa (*Lactuca sativa*), cultivar Vanda, Vera e BS68 e salsa (*Petroselinum crispum*) cultivar Paulista, com espaçamento de 0,25 x 0,25 m. A cebolinha verde (*Allium schoenoprasum*), com espaçamento de 0,25 x 0,30 m e couve-folha (*Brassica oleraceae*) com espaçamento de 0,30 x 0,50 m, entre outras como rúcula, abóbora, milho e batata-doce, sendo realizadas rotações dentro da área cultivada. Alface é adquirida na forma de mudas, as mudas de cebolinha verde, transplantadas na forma de “touceiras” e a couve são propagadas na própria propriedade, salsa é semeada diretamente nos canteiros ou adquirida como mudas. O uso de agrotóxicos é realizado apenas quando necessário, antes do plantio ou nos carregadores após o plantio, o controle de plantas daninhas após a presença das culturas implantadas é realizado com uso de enxada, ou manual em casos de excesso de umidade ocasionado pela chuva.

A principal fonte de adubação é a cama de aviário, inicialmente era utilizada cama de poedeira, atualmente cama de frango de corte. A cama de aviário é espalhada manualmente sobre os canteiros com auxílio de pá, onde as aplicações são realizadas antes de cada cultivo, sem quantidade padronizada, recomendação agrônômica ou análise prévia de solo e da cama de aviário. A cama de aviário é adquirida de acordo com a disponibilidade no momento da compra, sem padronização de lotes, compostagem ou análise de teores de nutrientes.

Posterior a aplicação de fertilizantes, o solo é revolvido com enxada rotativa encanteiradora montada em trator. O equipamento atual produz canteiros com 1,5 m de largura total, 1,25 m de largura superficial e aproximadamente 0,25 m de profundidade. Para o cultivo de alface a aplicação de cama de frango e o revolvimento não são realizados em casos de excesso de umidade no solo devido à chuva, neste caso, utiliza-se adubação química ou apenas aplicação de ureia e o plantio é feito sem revolvimento do solo, para demais culturas, aguarda-se as condições ideais para preparo convencional do solo. Na propriedade também é realizada a irrigação por aspersão quando necessário, principalmente nas primeiras semanas e antes da colheita.

3.2 COLETA DE SOLO E DE TECIDO VEGETAL

O solo foi coletado nas camadas de 0 - 5, 5 - 10, 10 - 15, 15 - 20, 20 - 30 e 0 - 20 cm, sendo coletadas uma amostra de cada profundidade em 4 trincheiras diferentes dentro de uma mesma área, totalizando 4 repetições de cada camada. No momento da coleta, o solo do tratamento 06AC, em uma área de aproximadamente 0,25 ha, se encontrava com batata-doce, cultura pouco utilizada na propriedade, no tratamento 20AC, em uma área com aproximadamente 0,15 ha, havia salsa, no tratamento 30AC, em uma área com aproximadamente 0,05 ha, havia couve-folha e tratamento 50AC havia cebolinha-verde.

Após a coleta, as amostras de solo foram colocadas abertas em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C até atingir peso constante. Em seguida, as amostras foram moídas, peneiradas em malha de 2 mm e armazenadas em sacos plásticos enumerados para as análises.

Amostras de tecido vegetal das culturas que estavam sendo cultivadas nas áreas foram coletadas, sendo salsa, couve-folha e cebolinha verde nas áreas de 20, 30 e 50 anos respectivamente, exceto da área de 6 anos de cultivo e de mata nativa onde não foram coletadas plantas. O tecido vegetal foi coletado em área de 0,250 m², com um quadrado de madeira de 0,5 x 0,5 m, sendo coletada toda a parte comercializável das plantas. As amostras de tecido foram colocadas em embalagens de papel em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C até o peso constante, em seguida trituradas em moinho tipo Willey com peneiras de 1 mm e armazenadas em embalagens plásticas.

A cama de aves utilizada foi coletada na propriedade, segundo o proprietário a cama era de 12 lotes, seu preparo para as análises foi semelhante ao do tecido vegetal, onde foi obtido o teor de P₂O₅ de 11,2 g kg⁻¹.

3.3 ANÁLISES DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DO SOLO, TECIDO VEGETAL E DA CAMA DE AVES

3.3.1 Análises de solo

As análises físicas do solo, para determinação de areia, silte e argila, foram realizadas a partir do Método da Pipeta (TEIXEIRA *et al.*, 2017), seguido de peneiramento de areia. A dispersão das amostras de solo foi realizada utilizando

hidróxido de sódio 1 mol L⁻¹. A quantificação de silte feita por diferença entre areia e argila. Foram utilizadas apenas 2 repetições por amostra, inviabilizando análise estatística.

Carbono orgânico total do solo foi obtido seguindo a metodologia de Teixeira (2017), por meio da oxidação da matéria orgânica do solo com dicromato de potássio.

O pH em água (relação 1:1) e índice SMP (1:1,5) do solo, foram obtidos por leitura direta com uso de pHmetro, seguindo a metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995). A partir do índice SMP foi estimado o valor de acidez potencial do solo (H + Al), utilizando a fórmula sugerida pela CQFS, RS/SC (2016) (equação 1).

$$H+Al \text{ (cmol}_c \text{ dm}^{-3}) = e^{(10,665 - (1,1483 \text{ SMP})/10)} \quad \text{Equação 1}$$

Cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺) e alumínio (Al³⁺) trocáveis, foram extraídos com solução KCl 1 mol L⁻¹, na proporção de 1:10 e determinados por titulação conforme Teixeira (2017). As análises de Al³⁺ foram realizadas apenas nas amostras de solo da área de mata nativa, pois os demais tratamentos possuíam pH em água superior a 5,5.

O P disponível foi obtido pelo método Mehlich-1, descrito por Teixeira (2017), na proporção solo:solução de 1:10. A determinação foi realizada por espectrofotometria em comprimento de onda de 660 nm, utilizando molibdato de amônio.

A extração de P solúvel em CaCl₂ (P_{CaCl₂}), foi realizada pelo método descrito por Sharpley, Kleinman e Weld (2008), usando solução CaCl₂ 0,001 mol L⁻¹ na proporção 1:10. A extração realizada em tubos Falcon, em agitador tipo gangorra durante uma hora, posteriormente centrifugado a 3000 rpm por 10 minutos. A determinação de fósforo solúvel foi realizada por espectrofotometria. Para amostras de tratamento MN com baixa concentração de P, seguindo a metodologia de Murphy e Riley (1962) descrita por Sharpley, Kleinman e Weld (2008), que utiliza molibdato e comprimento de onda de 880 nm. Já para os tratamentos de solo cultivado, com altas concentrações de P, foi utilizada a metodologia 4500-P C da *American Public Health Association* (1992), a qual emprega o molibdato/vanadato e comprimento de onda de 400nm para amostras menos concentradas e 470 nm para amostras com maiores concentrações de P.

3.3.2 Análises de tecido vegetal e cama de aves

A digestão do tecido vegetal e da cama de aves, foi realizada via digestão seca segundo metodologia de Carmo *et al.* (2000), onde o tecido vegetal após triturado foi peneirado e incinerado a 450° - 550°C em mufla elétrica, o resíduo inorgânico é dissolvido em solução ácida diluída. A determinação de P em tecido vegetal foi realizada por espectrofotometria com azul-de-molibdênio.

Os teores de P do tecido vegetal e da cama de aves obtidos através desta análise foram utilizados para estimar a exportação e número de cultivos realizados até atingir valores seguros de P no solo.

3.4 ESTIMATIVA DE CULTIVOS E PERÍODOS SEM APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES FOSFATADOS

Para calcular as estimativas de quanto P precisa ser consumido pelas plantas foram usadas as seguintes condições: O P_{disp} representa o teor de P disponível encontrado no solo na camada de 0 – 20 cm e o P_{red} , representa a estimativa da quantidade de P_{disp} do solo que as plantas precisam consumir para os teores de P_{disp} do solo nessa camada, retornarem ao teor adequado para as culturas. Este valor é obtido da subtração do P_{disp} pelo P adequado. A partir destes valores, são obtidos os valores de P estocado (P_{est}) que precisa ser consumido pelas plantas. O P_{est} representa o P estocado no solo em área de 1 ha, na camada 0 – 20 cm, que precisa ser consumido pelas plantas, para calcular seu valor será considerada a densidade do solo de 1 g cm⁻³ e os valores de P_{red} , ou seja, valores acima do P adequado, usando a seguinte fórmula:

$$\text{kg de } P_{est} \text{ ha}^{-1} = P_{disp} \text{ (kg)} * M_{solo} \text{ (kg m}^{-3} \text{ ha}^{-1})$$

Onde:

$P_{est} \text{ ha}^{-1}$: Quantidade de P (kg) estocado em 1 ha, acima do adequado;

P_{red} : Subtração do P disponível pelo P adequado em (kg kg⁻¹);

M_{solo} : Estimativa de massa de solo em kg, em 1 ha na profundidade de 0 a 20 (2.000.000 kg ha⁻¹).

Para fazer as estimativas de P exportado (P_{exp}) pelas plantas em uma colheita, utilizamos a seguinte fórmula:

$$\text{Kg de } P_{\text{exp}} \text{ ha}^{-1} \text{ colheita}^{-1} = P_{\text{tec}} (\text{kg kg}^{-1}) * M_s (\text{kg ha}^{-1})$$

Onde:

P_{exp} : P exportado em kg pelas plantas em 1 ha;

P_{tec} : P em kg kg⁻¹ no tecido foliar;

M_s : Massa seca em kg.

Para estimar quantas colheitas poderiam ser realizadas sem aplicar fertilizantes fosfatados ao solo, foi feita a divisão de P_{est} por P_{exp} . Para estimar o número de anos sem aplicação de fertilizantes fosfatados, foi utilizada a média de colheitas por ano de cada cultura, sendo em média 24 colheitas por anos para cebolinha, couve-folha e salsa, 8 colheitas por ano de alface e 1 de silagem de milho.

3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados dos atributos químicos do solo foram avaliados em delineamento inteiramente casualizado, onde se comparou os diferentes atributos dos tratamentos em cada uma das camadas. Os resultados foram submetidos a análise de variância e a comparação de médias com teste Tukey a 5% de probabilidade, as análises estatísticas foram realizadas com auxílio dos *softwares* “RStudio” e “SISVAR”.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO

Os parâmetros físicos e químicos do solo da camada de 0 a 20 cm estão representados na tabela 3. De acordo com o triângulo textural de solo proposto por Lemos e Santos (1996), o solo de mata nativa e solo cultivado a 20 anos são classificados com textura argilosa, os demais tratamentos são classificados com textura franco argilosa.

Os teores de carbono orgânico total (COT) e magnésio trocável (Mg^{2+}) não apresentaram diferença significativa, variando de 15,54 a 24,30 g kg^{-1} e 0,42 a 1,94 $cmol_c kg^{-1}$ respectivamente. Quanto aos parâmetros de acidez, a mata nativa apresentou o menor pH em água e maiores valores de acidez potencial (H+Al) e de Al^{3+} . Já as áreas cultivadas, apresentaram maiores valores de pH e teores de Ca^{2+} , que embora não tenha histórico de aplicação de calcário, pode ser devido a constante aplicação de cama de aviário. Além disso, os solos cultivados apresentaram maiores teores de P disponível em relação a mata nativa. O solo cultivado a 50 anos apresentou o maior teor de P disponível, alcançado cerca de 790 mg kg^{-1} de solo.

Tabela 3 – Parâmetros físicos e químicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com olerícolas por diferentes períodos de tempo na camada de 0 – 20 cm no município de Ilhota – SC.

Parâmetros do solo	MN	06AC	20AC	30AC	50AC
Areia (%)	22,40	33,53	22,06	30,07	35,16
Silte (%)	30,86	30,71	33,99	30,54	27,37
Argila (%)	46,73	35,76	43,95	39,39	37,47
COT (g kg^{-1})	17,17 ^{Ns}	17,01	24,30	16,28	15,54
pH H ₂ O (1:1)	4,8 b	7,0 a	6,7 a	6,7 a	6,6 a
H+Al ($cmol_c kg^{-1}$)	7,1 a	1,5 b	2,1 b	2,2 b	2,0 b
Al^{3+} ($cmol_c kg^{-1}$)	2,74 a	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00 b
Ca^{2+} ($cmol_c kg^{-1}$)	0,69 b	5,52 a	7,05 a	6,27 a	6,68 a
Mg^{2+} ($cmol_c kg^{-1}$)	0,69 ^{Ns}	1,28	1,94	0,84	0,42
P disponível (mg kg^{-1})	1,40 d	179,93 cd	407,27 b	308,05 bc	794,92 a

Tratamentos: Mata nativa (MN), 6 anos de cultivo (06AC), 20 anos de cultivo (20AC), 30 anos de cultivo (30AC) e 50 anos de cultivo (50AC). As letras minúsculas comparam os diferentes cultivos com teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. (Ns) Não significativo.

Fonte: autor 2022.

Segundo Reinert e Reichert (2006), a classe textural do solo sofre pouca ou nenhuma alteração ao longo do tempo mesmo com o manejo do solo para fins de cultivo. Porém, outras atividades da agricultura podem alterar as demais características físicas do solo, como densidade, porosidade total e estruturação do solo. A fração argila do solo é a que possui menores tamanhos de partículas, proporcionalmente maior superfície de contato e é nessa superfície onde ocorrem a maioria das reações físicas e químicas, portanto, quanto maior o teor de argila, maior capacidade de reter água e nutrientes (MOLINA JUNIOR, 2017).

O incremento no teor de carbono orgânico no solo ocorre pela inserção de resíduos vegetais e animais, sendo esperado maiores teores de COT em solo de mata nativa devido a maior produção de biomassa vegetal. Romão, (2013) comparou solos de mata nativa, pastagens e cultivados de 10 propriedades do estado de São Paulo, obtendo os valores médios de 18 g kg⁻¹ de COT em solo de mata nativa e 12,5 g kg⁻¹ em solos cultivados. Esse menor teor de COT em solo cultivado é devido a oxidação da matéria orgânica do solo pelo revolvimento do solo, ou menor aporte de resíduos do que áreas de vegetação nativa. Os teores semelhantes de COT dos solos cultivados e da mata nativa desse estudo, podem estar associados ao uso de cama de aviário incorporada ao solo como principal fonte de nutrientes no solo cultivado, a qual é constituída de grande parte maravalha ou serragem de madeira e pode promover o aumento de carbono no solo, mesmo com revolvimento (MAAS *et al.*, 2018). Além disso, o coeficiente de variação da análise estatística apresentou valor elevado, de 44,38%, o que pode estar relacionado a algum erro na amostragem.

Os altos teores de pH no solo cultivado podem ser atribuídos a utilização da cama de frango, devido ao aumento de pH após a utilização (DAÍ PRÁ *et al.*, 2010; NAMIUCHI *et al.*, 2012; TERZICH, 1997) e aos tratamentos realizados para ajustar o pH da cama e para controle de microrganismos (LUCCA *et al.*, 2012). Cabe ressaltar que a recomendação de pH para as espécies olerícolas é tal que acima de 6,5 pode ocorrer a diminuição de micronutrientes metálicos, como o Cu²⁺, Zn²⁺, Fe²⁺ e Mn²⁺. Já para o Ca²⁺ os teores são considerados “Alto” nos solos cultivados e “Baixo” no solo

de mata nativa. Os teores de Mg^{2+} no solo cultivado a 50 anos são classificados como “Baixo”, o solo de mata nativa e 30 anos de cultivo apresentam teor “Médio” e o solo de 6 e 20 anos de cultivo, apresenta, teor “alto” (CQFS – RS/SC, 2016). A cama de frango influencia nos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} no solo, Schallenberger *et al.* (2019) também observaram aumento dos teores de Ca^{2+} em solos cultivados com olerícolas e milho, onde as culturas receberam cama de aves anualmente como fertilizantes durante 7 anos de cultivo, encontrando teores de $7,22 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ em solo cultivados com olerícolas e $4,35 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ em solo de mata nativa. Esse aumento pode ser explicado pela composição química da cama de aves (ESPANHOL *et al.*, 2007). Shalleberger *et al.* (2019) observou teores maiores de Mg em solo cultivado ($2,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) em comparação com solo de mata nativa ($1,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), porém o solo cultivado de seu experimento recebeu calagem, sendo o calcário a principal fonte de Mg no solo (RAMOS, 2013).

As classes de disponibilidade de P no solo são classificados como “muito baixo” no solo de mata nativa e “muito alto” em todos os solos cultivados. Altos teores de P disponível no solo também foram encontrados por Moura (2022), ao avaliar a camada de 0 – 20 cm após aplicar doses de 4, 8 e 12 $Mg \text{ ha}^{-1}$ de cama de aviário, antes do plantio do cultivo de trigo e aveia no inverno. Após 9 anos de aplicações anuais de cama de aviário, foram encontrados teores de 9, 34, 59 e 84 $mg \text{ kg}^{-3}$ respectivamente. De acordo com o autor o solo possui 40% de argila, portanto com aplicação de 4 $Mg \text{ ha}^{-1}$ o solo seria classificado como “alto” quanto ao teor de P disponível, já no solo onde foram aplicadas doses de 8 e 12 $Mg \text{ ha}^{-1}$, seriam classificados como “Muito alto”, superando em três vezes o teor crítico. Acúmulo de P também foi observado por Schalleberger (2019), em solo cultivados por aproximadamente 8 anos com hortaliças, o qual recebe aplicações constantes de cama de aviário, atingindo até 165,68 $mg \text{ kg}^{-1}$ na camada 0 – 10 cm.

De maneira geral, o solo cultivado, com uso de cama de aviário, apresentou aumento de teores de pH, Ca^{2+} e P disponível em comparação com mata nativa assim como observado por Barros *et al.* (2016), Espanhol *et al.* (2007), Matos *et al.* (2008) e Schalleberger *et al.* (2019). A classificação de disponibilidade de Ca^{2+} e P disponível é de “alto” e “muito alto” respectivamente. Os teores de P disponível no solo cultivado ultrapassaram em aproximadamente 44 vezes o teor considerado adequado para as plantas. Isso faz com que a eficiência da adubação seja baixa, haja visto que o

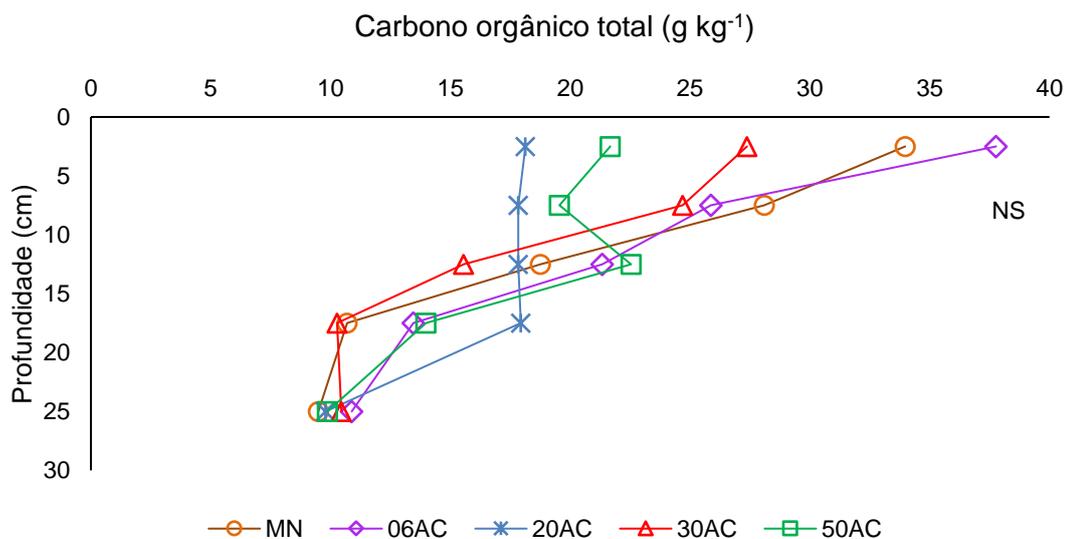
excesso de nutrientes pode não incrementar a produção, e pode até afetar negativamente a produção agrícola.

4.2 PARÂMETROS QUÍMICOS DO SOLO NAS CAMADAS ESTRATIFICADAS

4.2.1 Carbono orgânico total

Os teores de carbono orgânico total ao (COT) demonstrados na figura 1, não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos em nenhuma camada do solo. No entanto foi observada a diminuição dos teores de COT ao longo do perfil do solo, o que já era esperado. A área com de 6 anos de cultivo recebeu serragem de madeira e cama de aviário no preparo do solo para o plantio da batata doce, o que contribui para altos teores de COT. Além disso, cabe ressaltar que o aporte de resíduos através de culturas (folhas, raízes) é pequeno e que sempre tem revolvimento do solo o que pode causar uma uniformidade entre os cultivos (ANDRIOLO, 2017). Além disso autores relatam incrementos nos teores de COT de solos que recebem cama de aviário ao longo dos anos (ARAUJO *et al.*, 2008; SCHALLEMBERGER *et al.*, 2019).

Figura 1 – Teores de carbono orgânico total (g kg^{-1}) em diferentes camadas de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com olerícolas por diferentes períodos de tempo e solo de mata nativa, no município de Ilhota – SC.



Tratamentos: MN = Mata nativa; 06AC = 6 anos de cultivo; 20AC = 20 anos de cultivo; 30AC = 30 anos de cultivo; 50AC = 50 anos de cultivo (50AC); (NS) Não significativo.

Fonte: Autor 2022

Mesmo com manejo convencional nos tratamentos cultivados, que inclui revolvimento do solo, os teores de carbono orgânico foram semelhantes para todos os tratamentos. Assim como na tabela 3, os valores de coeficiente de variação de COT, também foram elevados nas camadas estratificadas, variando entre 26,27 a 40,51%. Contudo, a semelhança nos teores de COT, podem ocorrer pois o principal material da cama de frango são resíduos da industrialização de madeira, como serragem e maravalha (AVILA *et al.*, 1992). Segundo CQFS – RS/SC (2016) os teores de carbono orgânico da cama de frango variam entre 25 a 30% (g kg^{-1}). Experimentos realizados por Araujo *et al.* (2008), utilizando cama de aves, esterco bovino, serragem de madeira, entre outros adubos orgânicos, encontraram teores de COT no solo de $23,2 \text{ g kg}^{-1}$ para serragem incorporada, e $20,3 \text{ g kg}^{-1}$ para cama de aves incorporado, após o cultivo de capim-mombaça.

4.2.2 Parâmetros de acidez do solo

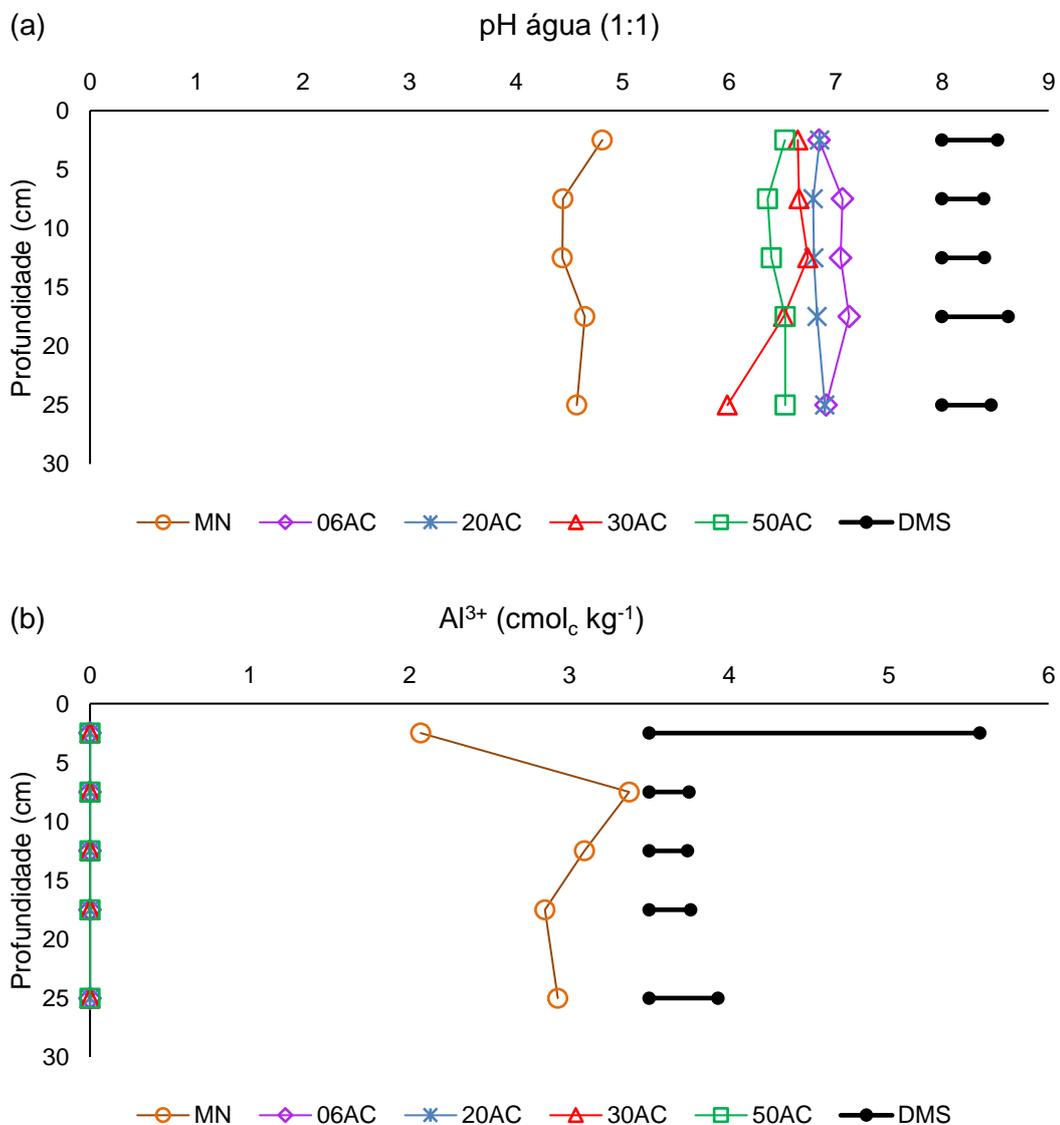
A partir da diferença mínima significativa (DMS), observamos que em todas as profundidades analisadas o pH em água foi menor na mata nativa (figura 2a) em comparação com o solo cultivado, atingindo o menor valor de 4,4 na profundidade de 5 a 10 cm. Já nos solos cultivados os resultados se mostraram semelhantes entre si nas profundidades de 0 a 5 e 15 a 20 cm. Já nas profundidades de 5 a 10 e 10 a 15 cm, o valor de pH foi menor no solo cultivado há 50 anos (50AC), atingindo valor de aproximadamente 6,4. Já na profundidade de 20 a 30 cm, o solo cultivado há 30 anos teve o menor pH.

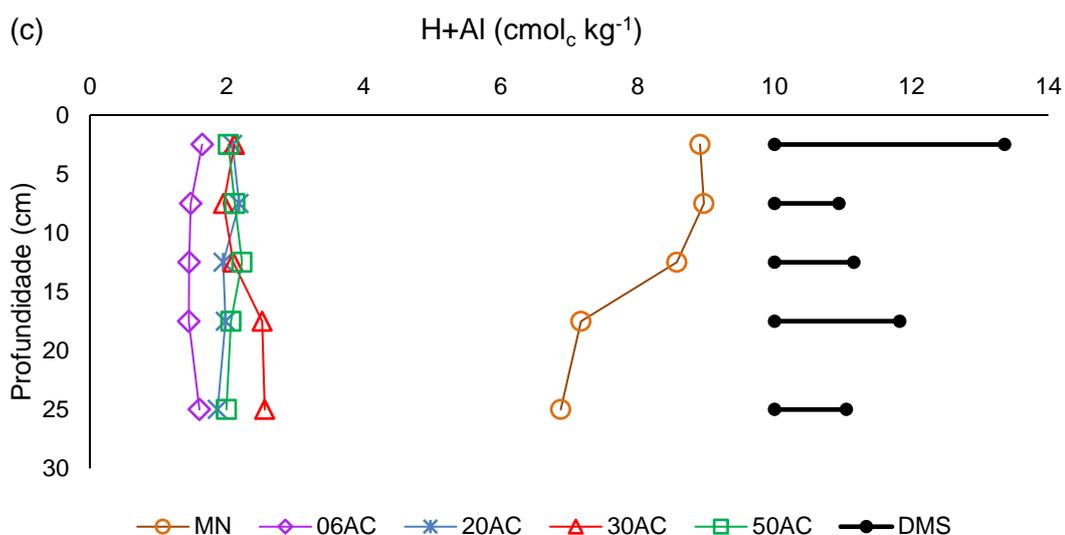
Estes valores de pH no solo cultivado estão acima do valor de referência recomendado pelo Manual de Adubação e Calagem (CQFS – RS/SC 2016), sendo 6,0 para brócolis e couve-flor (mesma família da couve-folha) e cebola (não especificado, cebolinha verde ou de cabeça) e 5,5 para salsa. Valores de pH muito baixos ou muito elevados podem afetar a disponibilidade de nutrientes, ou de elementos tóxicos, como o alumínio, sendo que a faixa ideal para maior disponibilidade de nutrientes é entre 5,8 a 7 (PROCHNOW 2019). Os teores de

Alumínio trocável (Al^{3+}) mais elevados foram encontrados no solo de mata nativa, apresentados na figura 2b. Onde o pH foi maior que 5,5 o Al^{3+} foi considerado 0.

A partir da diferença mínima significativa (DMS), observamos que a acidez potencial (H+Al) apresentou diferença significativa entre a mata nativa e o solo cultivado (Figura 2c), onde os valores de H+Al foram mais elevados na área de mata nativa em todas as profundidades. Já entre os solos cultivados, não foram observadas diferenças significativas entre os teores de H+Al.

Figura 2 – Teores de pH em água (a) teores de Al^{3+} (b) e teores de H+Al (c) em diferentes camadas de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com olerícolas por diferentes períodos de tempo e solo de mata nativa, no município de Ilhota – SC.





Tratamentos: MN = Mata nativa; 06AC = 6 anos de cultivo; 20AC = 20 anos de cultivo; 30AC = 30 anos de cultivo; 50AC = 50 anos de cultivo (50AC); DMS = Diferença mínima significativa.

Fonte: autor 2022.

O alto valor de pH no solo cultivado é observado ao longo do perfil do solo, o que pode estar relacionado a incorporação da cama de aves com revolvimento do solo, pois na propriedade nunca foi realizada correção de acidez. O aumento de pH do solo com aplicações de cama de aviário também foi observado por Portugal *et al.* (2009) em 2 anos consecutivos de aplicações anuais de cama, em solo arenoso. Assim como apresentado na tabela 3 os altos valores de pH podem ser atribuídos as características da cama, de receber tratamentos com calcário. Além disso, ao fim de um lote, a cama pode atingir valor de pH 8,8 (NAMIUCHI *et al.*, 2012), este aumento ocorre naturalmente devido ao acúmulo de amônia e material fecal (REHBERGER 2002, Apud GONÇALVES *et al.*, 2019).

Os altos teores de Al^{3+} no solo de mata nativa podem estar relacionados ao fato dos solos do Brasil serem naturalmente ácidos, permitindo a presença de elementos tóxicos, como o Al^{3+} . Para os solos cultivados o Al^{3+} foi considerado 0, pois a partir do pH 5,5 o Al^{3+} reage com água e precipita na forma de óxido de alumínio, o qual não é disponível para as plantas (BRADY; WEIL, 2013).

A acidez potencial, se refere ao poder tampão de acidez do solo, representa a soma da acidez trocável, sendo H^+ e Al^{3+} , com acidez não trocável, neutralizada até um valor de pH. Seu valor é utilizado para estimar a CTC do solo (TEIXEIRA *et al.*,

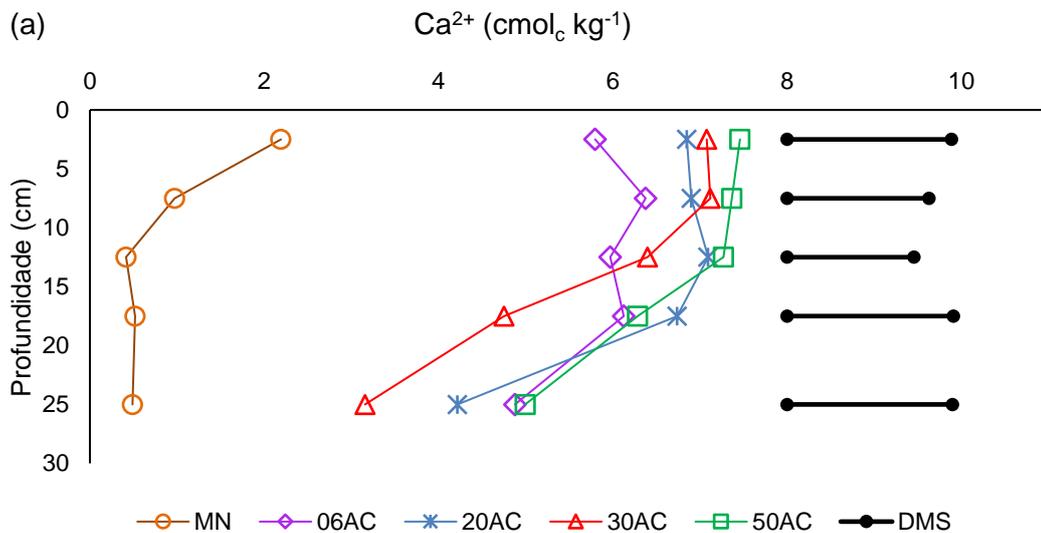
2017), portanto estes valores estão diretamente relacionados com o pH e Al^{3+} , de forma que teores maiores de pH e Al^{3+} representam maior $\text{H}+\text{Al}$ no solo.

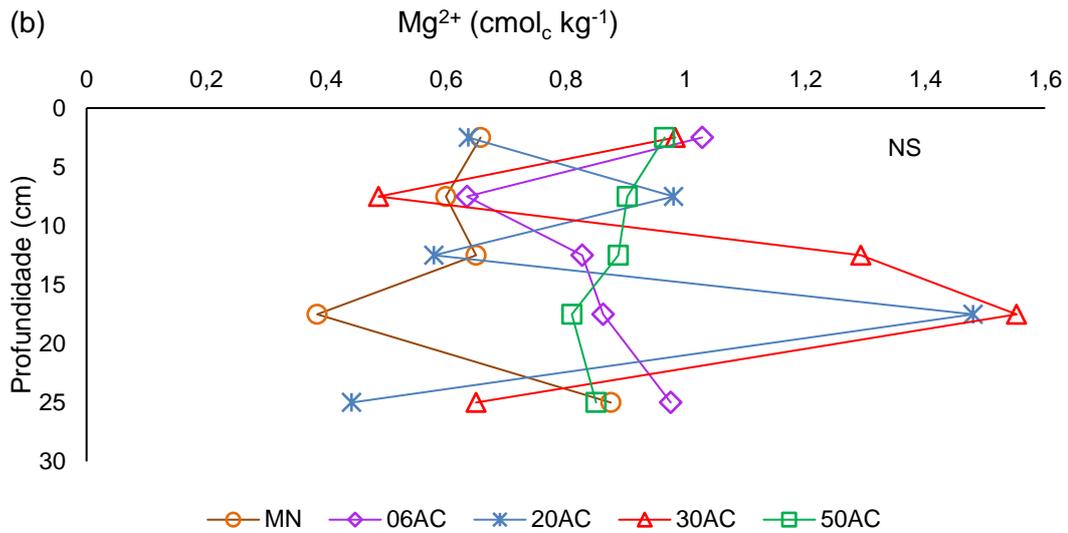
4.2.3 Cálcio e magnésio trocáveis

Os teores de Cálcio trocável (Ca^{2+}) (Figura 3a) foram maiores no solo cultivado em todas as camadas em comparação aos solos de mata nativa. No entanto, os solos cultivados não apresentaram diferença nos valores de Ca^{2+} entre os diferentes anos de cultivo analisados.

Já os teores de Magnésio trocável (Mg^{2+}) não apresentaram diferença entre os tratamentos (Figura 3b), apontando valores iguais para a mata nativa e solo cultivado por vários anos.

Figura 3 - Teores de cálcio trocável (a) e magnésio trocável (b) em diferentes camadas de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com olerícolas por diferentes períodos de tempo e solo de mata nativa, no município de Ilhota – SC.





Tratamentos: MN = Mata nativa; 06AC = 6 anos de cultivo; 20AC = 20 anos de cultivo; 30AC = 30 anos de cultivo; 50AC = 50 anos de cultivo; DMS = Diferença mínima significativa, NS = não significativo.
Fonte: autor 2022.

É possível observar altos teores de Ca²⁺ ao longo do perfil do solo, atingindo até camadas mais profundas nos solos cultivados. Se considerar a camada 0 – 30 cm o solo continuaria classificado como “alto” quanto ao teor de Ca²⁺ disponível, ou seja, os teores continuam altos abaixo da camada diagnóstica apresentados na tabela 3. O aumento dos teores de Ca²⁺ ao longo do perfil do solo, pode estar relacionado principalmente a incorporação da cama de aviário com revolvimento no preparo do solo e a composição da cama de aviário, a qual recebe tratamentos com cal virgem para controle de microrganismos nocivos às aves. Moura (2022) observou que ao aplicar doses de cama de aviário no solo, os teores de Ca²⁺ atingiram valores superiores a tratamentos em que aplicou calcário no solo. Além disso, o Ca²⁺ que não é absorvido pelas plantas ou adsorvido pelo solo, pode ser lixiviado para as camadas inferiores (SOUSA; LOBATO, 2004). Porém, Moura (2022), Schalleberger (2019) e Sousa e Lobato (2004), obtiveram resultados semelhantes para Mg²⁺, de forma que a aplicação de cama de aves aumentou os teores de Ca²⁺ e de Mg²⁺.

Os teores de Mg²⁺ apresentam comportamento desordenado ao longo do perfil do solo, o que pode estar relacionado a metodologia aplicada para determinação desses valores, a qual é feita por titulação. Quanto a classe de disponibilidade de Mg²⁺ na camada 0 – 20 cm, apresentados na tabela 3, seguindo a interpretação da CQFS – RS/SC, o solo de mata nativa e cultivado a 30 anos apresentaram teor de Mg²⁺

“médio”, já os solos cultivados a 6 e a 20 anos, apresentaram disponibilidade “alto” e o solo cultivado a 50 anos é classificado com “baixo”. Os baixos teores de Mg^{2+} podem estar relacionados ao tempo em que o solo estava sendo cultivado no momento da coleta, aos baixos teores de Mg^{2+} encontrados na cama de aves e a este elemento ser tão exportado quanto P por algumas culturas. Para a salsa por exemplo, são exportados $4,2 \text{ g kg}^{-1}$ de P e $7,2 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg (FURLANI, 1978). Além disso, no solo ocorre a disputa pelas cargas negativas do solo, onde bases como K^+ e Ca^{2+} , presentes em maiores quantidades na cama de aviário, são adsorvidos em maior quantidade pelo solo, restando poucas cargas negativas disponíveis para o Mg^{2+} (PREZOTTI; GUARÇONI M. 2013).

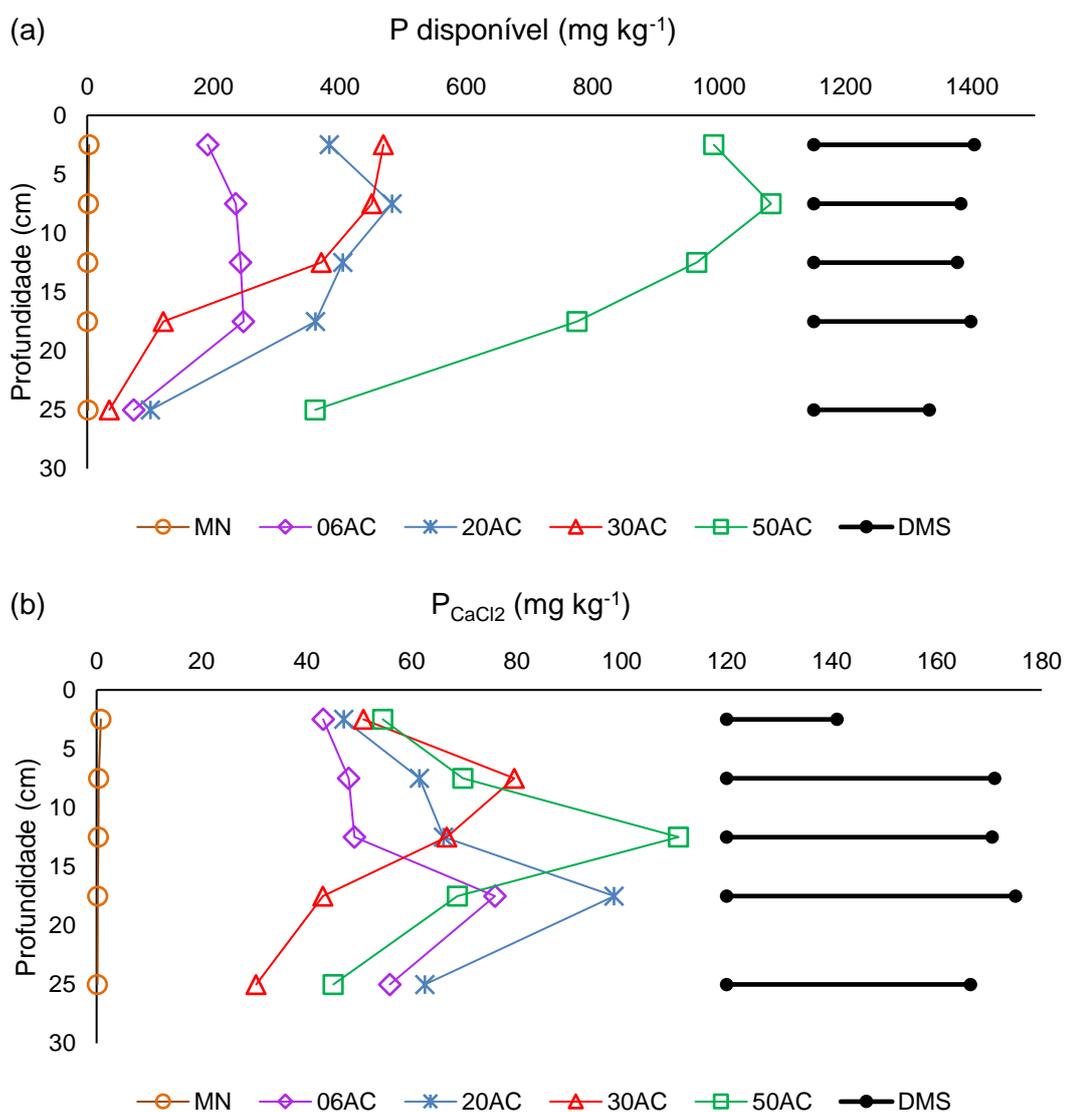
4.2.4 Fósforo disponível e fósforo em $CaCl_2$

Os teores de fósforo (P) disponível (Figura 4a) apresentaram diferença em relação aos tempos de cultivo. O solo com 50 anos de cultivo apresentou os maiores teores de P disponível em todas as profundidades, variando de 1082 mg kg^{-1} na camada de 5 a 10 cm a 361 mg kg^{-1} na camada de 20 a 30 cm, já no solo de mata nativa, os teores variaram entre $2,9 \text{ mg kg}^{-1}$ na camada 0 a 5 cm a $0,4 \text{ mg kg}^{-1}$ na camada de 15 a 20 cm. Na camada de 0 a 5 e 5 a 10 cm, os solos de mata nativa e cultivados há 6 anos foram semelhantes e solos cultivados a 20 e 30 anos também foram semelhantes. Na camada de 10 a 15 cm, os solos cultivados a 6, 20 e 30 anos tiveram valores semelhantes, diferenciando do solo de mata nativa. Na camada de 15 a 20 cm e 20 a 30 cm os solos de mata nativa, 6, 20 e 30 anos de cultivo foram semelhantes.

Os teores de P solúvel (P_{CaCl_2}), tiveram diferenças significativas em todas as profundidades (Figura 4b), sendo que a mata nativa apresentou os menores teores em todas as camadas. Na camada 0 a 5 cm todos os tratamentos de solo cultivado foram semelhantes. Na camada de 5 a 10 cm, os teores P_{CaCl_2} no solo com 6 anos de cultivo foram semelhantes a mata nativa e aos demais tratamentos. Na camada 10 a 15 cm o solo cultivado a 50 anos apresentou maior teor de P_{CaCl_2} e os solos cultivados a 20 e 30 anos foram semelhantes. Já na camada de 15 a 20, o maior teor de P_{CaCl_2} foi encontrado no solo de 20 anos de cultivo e os demais solos apresentaram

resultados semelhantes a esse. Na camada de 20 a 30 cm os maiores teores de P_{CaCl_2} foram no solo cultivado a 20 e a 6 anos.

Figura 4 - Teores de P disponível (a) e P_{CaCl_2} (b) em diferentes camadas de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com olerícolas por diferentes períodos de tempo e solo de mata nativa, no município de Ilhota – SC.



Tratamentos: MN = Mata nativa; 06AC = 6 anos de cultivo; 20AC = 20 anos de cultivo; 30AC = 30 anos de cultivo; 50AC = 50 anos de cultivo (50AC); DM = Diferença mínima significativa.

Fonte: Autor 2022.

Os teores de P disponível no solo de mata nativa variaram entre 0,44 a 2,88 $mg\ kg^{-1}$, sendo a média na camada 0 – 30 cm de 1,52 $mg\ kg^{-1}$. Considerando a média de cada ano de cultivo nessa mesma camada, os solos cultivados a 6, 20, 30 e 50

anos ultrapassam os teores de P disponível da mata nativa em 130, 228, 190, e 549 vezes, respectivamente. Esses altos valores de disponibilidade de P ao longo do perfil do solo, reforçam que as aplicações de cama de aviário foram excessivas e que podem causar problemas ambientais caso ocorra escoamento superficial e lixiviação.

O acúmulo de fósforo e outros nutrientes no solo ocorre pelas aplicações sem considerar a concentração do nutriente no solo nem a necessidade da cultura. Com isso, os nutrientes em maior quantidade na cama de aviário podem ocupar todas as cargas disponíveis para retenção de nutrientes no solo, levando ao acúmulo em superfície, permitindo a lixiviação de fósforo e outros nutrientes a maiores profundidades (CORRÊA, MIELE. 2011; GATIBONI *et al.*, 2014; MANTOVANI *et al.*, 2014).

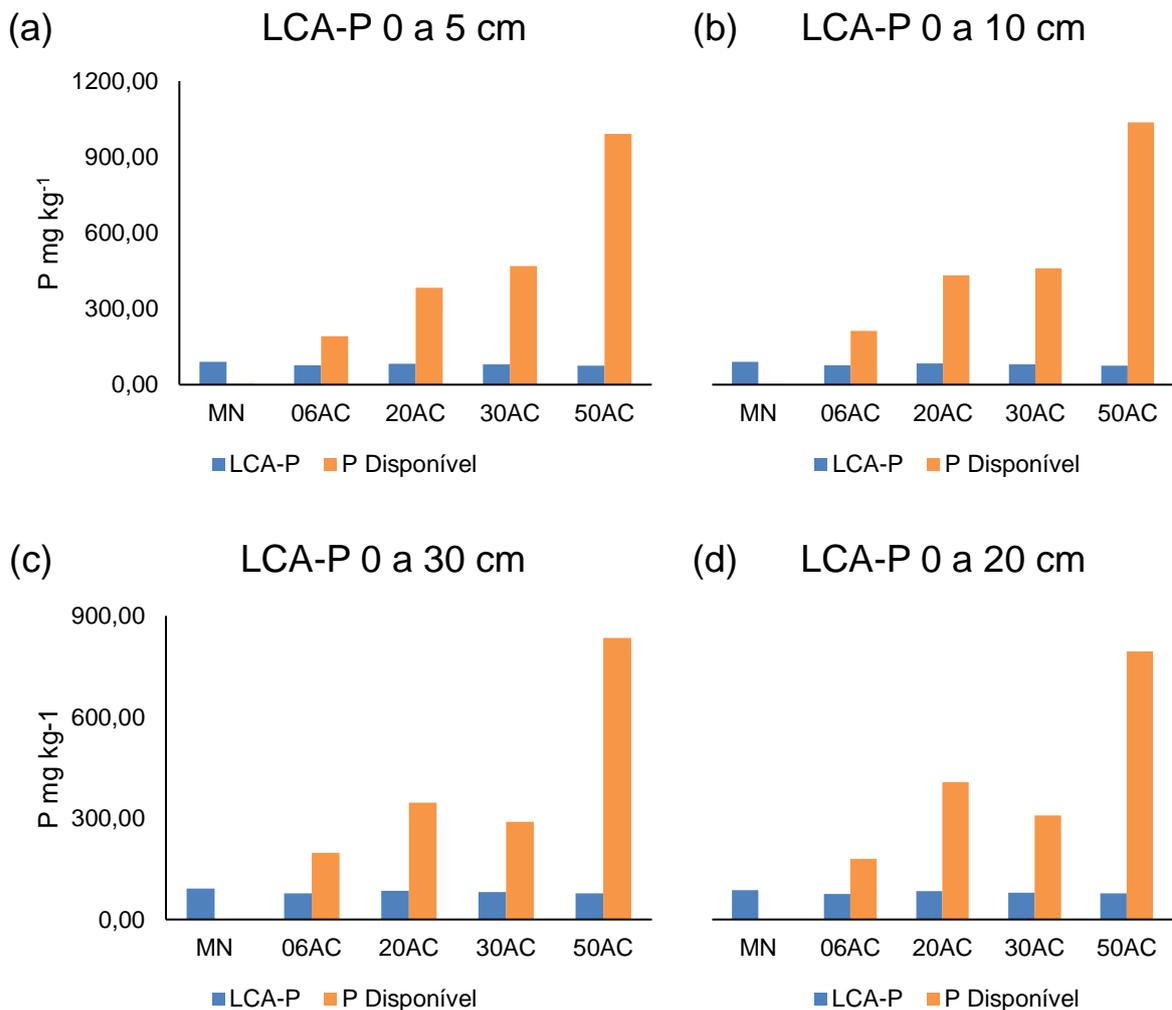
Os teores de P_{CaCl_2} na camada de 0 a 5 cm em solo de mata nativa, foram de $0,8 \text{ mg kg}^{-1}$, já no solo cultivado há 6 anos, os valores foram de 43 mg kg^{-1} . Quanto menores os valores de P_{CaCl_2} mais seguro é o solo do ponto de vista de P ambiental. Além disso, nas demais camadas e tratamentos os teores no solo cultivado também foram superiores ao solo de mata nativa, o que indica que os tratamentos de solo cultivado já superaram os limites de adsorção de P, liberando este nutriente do solo para água (GATIBONI *et al.*, 2014).

4.3 LIMITE CRÍTICO AMBIENTAL DE FOSFORO

A comparação do limite crítico ambiental de fósforo (LCA-P) proposto por Gatiboni *et al.* (2014), sendo: $LCA-P \text{ (mg kg}^{-1}) = 40 + \%argila$, estão representados na figura 5, onde a figura 5 a representa a camada superficial 0 a 5 cm, a figura 5 b e 5 c representam a média ponderada das camadas estratificadas de 0 a 10 e 0 a 30 cm respectivamente. A barra azul representa o LCA-P e a barra laranja o teor de P disponível encontrado no solo. O solo de mata nativa permaneceu com os teores de P disponível abaixo do LCA-P em todas as profundidades analisadas (Figura 5 a). Já o solo cultivado a 50 anos apresentou teores de P disponível acima do LCA-P em todas as profundidades (figura 5 c). Os demais tratamentos apresentam teores de P disponível acima do LCA-P, nas camadas de 0 a 5 cm até 15 a 20 cm de profundidade (figura 5 b). Na camada coletada de 0 a 20 cm (Figura 5 d), os solos cultivados

apresentaram teores de P disponível até 10 vezes acima do LCA-P, o que apresenta grande tendência a ocorrer perdas de P para o ambiente aquático.

Figura 5 – Valores de LCA-P calculados nas camadas de 0 – 5 cm (a), 5 – 10 cm (b), 20 – 30 cm (c) e 0 – 20 cm (d), em um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com olerícolas por diferentes períodos de tempo e solo de mata nativa, no município de Ilhota – SC. Barras azuis representam o LCA-P e barras laranjas o P disponível extraído por Mehlich-1.



Fonte: Autor 2022.

Como pode ser observado, para a maioria das áreas cultivadas e para as camadas amostradas, os valores limites de P no solo (LCA-P) estão acima das recomendadas. A recomendação de Gatiboni *et al.* (2014) é avaliar a camada de 0 a 10 cm, porém, altos teores de P disponível também foram encontrados nas camadas

mais profundas, o que proporcionou altos teores de P disponível considerando a média das camadas estratificadas de 0 a 30 cm. Na camada de 0 – 10 cm o solo cultivado a 50 anos ultrapassou aproximadamente 13 vezes o LCA-P, e na camada de 0 - 30 cm, ultrapassou aproximadamente 10 vezes o LCA-P. Neste caso, o revolvimento do solo contribuiu para a saturação de nutrientes no solo, levando a altos teores de P disponível em maiores profundidades, principalmente no solo cultivado a mais tempo. Bassani (2017), ao avaliar solos de Seara SC, cultivados a mais de 25 anos, onde a principal fonte de nutrientes são os dejetos líquidos suínos, obteve valores de P disponível até 220% acima do LCA-P na camada de 0 – 10 cm.

Para a camada de 0 – 20 cm a mata nativa atinge apenas 1,6% do LCA-P. Já os solos cultivados superaram o LCA-P em 237, 485, 388 e 1026% nos solos cultivados a 6, 20, 30 e 50 anos respectivamente. O LCA-P representa 80% do CMAP do solo, o que indica que nos solos deste estudo já ocorre a liberação de P para água.

Nos casos em que os teores de P disponível ultrapassam 20% o LCA-P, Gatiboni *et al.* (2014), recomendam a suspensão da aplicação de fertilizantes fosfatados e sugere algumas medidas mitigatórias para redução de risco de dano ambiental, como revolvimento do solo, cultivo de plantas que extraem e exportam grandes quantidades de P do solo, ou produção de feno e silagem.

4.3.1 Teores de nutrientes no tecido e medidas mitigatórias

Os valores de massa fresca (Mf), massa seca (Ms) e teores de P no tecido (P_{tec}) e P exportado por hectare por colheita ($P_{exp} \text{ ha}^{-1} \text{ colheita}^{-1}$), estão apresentados na tabela 4. Para cultura da salsa, os valores de Mf e Ms foram de 32820 e 4747 kg ha^{-1} , os teores de P_{tec} e $P_{exp} \text{ ha}^{-1} \text{ colheita}^{-1}$ de 4 g kg^{-1} e 18,9 kg ha^{-1} . Para cultura da cebolinha verde, os valores de Mf e Ms foram de 57060 e 4261 kg ha^{-1} e os teores de P_{tec} e $P_{exp} \text{ ha}^{-1} \text{ colheita}^{-1}$ foram de 4,2 g kg^{-1} e 17,9 kg ha^{-1} . Já os valores de Mf e Ms na couve-folha foram de 43860 e 4374 kg ha^{-1} e os teores de P_{tec} e $P_{exp} \text{ ha}^{-1} \text{ colheita}^{-1}$ foram de 3,6 g kg^{-1} e 15,7 kg ha^{-1} .

Os teores de Mf e Ms da salsa (Tabela 4), foram superiores aos obtidos por Nascimento *et al.* (2017), sendo de 11028 e 3196 kg ha^{-1} respectivamente, onde os autores avaliaram a produtividade de salsa sob diferentes doses de adubação nitrogenada, em Ipameri, GO e superiores aos de Oliveira (2016), aproximadamente

15200 e 2260 kg ha⁻¹, de Mf e Ms respectivamente, que avaliou três cultivares de salsa sob canteiro em ambiente protegido em Brasília, DF. Já Costa (2017) ao analisar a mesma cultivar em ambiente aberto, obteve os teores de Mf e Ms de 19388 e 2488 kg ha⁻¹. Os teores de Mf da cebolinha verde, foram superiores aos encontrados por Carvalho e Marcuzzo (2021), que avaliaram a altura de poda na produtividade da cebolinha verde, produzida de forma orgânica, obtiveram valores de 34986,7 kg ha⁻¹, os mesmos não avaliaram Ms. Para couve-folha os teores de Mf e Ms foram semelhantes aos encontrados por Moura (2018), sendo 42978 e 4125 kg ha⁻¹ respectivamente, ao avaliar o cultivo em *slabs*, com diferentes substratos, no município de Rio Branco, AC.

Os teores superiores de Mf, Ms encontrados para salsa e cebolinha verde, podem estar relacionados a cultivar avaliada, densidade de plantio e comprimento das folhas da planta. Os teores P no tecido da salsa, da cebolinha verde e da couve-folha, foram semelhantes aos encontrados por Furlani *et al.* (1978) e aos considerados adequados por Prezotti e Guarçoni M. (2013), o que indica que aplicações contínuas de fertilizantes fosfatados quando as concentrações de P no solo já estão elevadas, acima do teor crítico, não elevam a produtividade nem os teores de P na planta. A partir do momento em que a aplicação de fertilizantes não traz incrementos na produtividade, o retorno econômico é menor, devido a gastos com fertilizantes e mão de obra de sua aplicação.

Quando os teores de P no solo estão muito elevados, é necessário tomar medidas mitigatórias para retornar teores seguros (teor “alto”), evitando perdas e poluição. Dentre as medidas mitigatórias, levando em consideração as recomendações de Gatiboni *et al.* (2014), podemos planejar e sugerir algumas medidas mitigatórias, para estimar quantos cultivos poderiam ser realizados e por quanto tempo poderiam ser realizados cultivos de olerícolas neste solo, sem aplicação de fertilizantes fosfatados. Para realizar estas estimativas, foram utilizados os teores de concentração de P no tecido, obtidos das partes comercializáveis das culturas da propriedade. Para a alface foram utilizados dados obtidos por Pinheiro (2015) e milho para silagem de milho por Ueno *et al.* (2013) (Tabela 4).

Tabela 4 – Teores de massa fresca (Mf), massa seca (Ms) e fósforo no tecido (P_{tec}) da parte comercializável de salsa, cebolinha e couve folha produzidas na propriedade e alface por Pinheiro (2015) e milho para silagem por Ueno *et al.* (2013).

Cultura	Mf (kg ha⁻¹)	Ms (kg ha⁻¹)	P_{tec} (g kg⁻¹)	P_{exp} ha⁻¹ colheita⁻¹
Salsa	32820	4747	4,0	18,9
Cebolinha	57060	4261	4,2	17,9
Couve Folha	43860	4374	3,6	15,7
Alface		1560	7,6	11,9
Milho silagem		17613	2,4	42,3

Fonte: Autor 2022.

Na tabela 4, o valor de “P adequado” representa o teor intermediário da faixa “alto” de P disponível no solo, considerado adequado para a maioria das culturas olerícolas. O valor intermediário foi utilizado pois podem ocorrer perdas, fixação e penetração de P nas argilas com energia de ligação mais elevada. Dessa forma, ao final do período estimado sem aplicação de fertilizantes fosfatados, os teores de P no solo continuem na faixa “alto” sem causar redução na produtividade das plantas.

Para salsa, couve folha e cebolinha, foram consideradas 2 colheitas dos rebrotes por mês, para alface uma colheita a cada 45 dias e para silagem de milho, uma colheita por ano. Os resultados estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5 – Teores de P disponível, LCA-P, quantidade de P que precisa ser reduzida até atingir o LCA-P, na camada de 0 – 20 cm e estimativas de número de colheitas e anos sem aplicar fertilizantes que contenham fósforo, em um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com olerícolas por diferentes períodos de tempo e solo de mata nativa, no município de Ilhota – SC

0 a 20	06AC	20AC	30AC	50AC
Argila (%)	35,8	44,0	39,4	37,5
LCA-P	75,8	84,0	79,4	77,5
P adequado	27,1	18,1	27,1	27,1
P _{disp} mg kg ⁻¹	179,9	407,3	308,1	794,9
P _{red} mg kg ⁻¹	152,9	389,2	281,0	767,9
P _{est} kg ha ⁻¹	305,8	778,4	562,0	1535,7

Cultura	P_{exp} ha⁻¹ colheita⁻¹	N colheitas sem aplicar P			
Salsa	18,9	16	41	30	81
Cebolinha	17,9	17	44	31	86
Couve-folha	15,7	19	49	36	98
Alface	11,9	26	65	47	129

Silagem	42,3	7	18	13	36
	N de colheitas por ano		Anos sem aplicar P		
Salsa	24	1	2	1	3
Cebolinha	24	1	2	1	4
Couve-folha	24	1	2	1	4
Alface	8	3	8	6	16
Silagem	1	7	18	13	36

Autor: 2022.

A partir dos resultados apresentados na tabela 5, observa-se que, na profundidade de 0 - 20 cm, os teores de P_{disp} são superiores aos teores adequados para as olerícolas e superiores aos teores de LCA-P. Para retornar aos teores adequados de P_{disp} no solo, precisam ser retirados do solo cultivado a 6, 20, 30 e 50 anos 152,9, 389,2, 281,0 e 767,9 mg kg⁻¹ o que equivale a aproximadamente 305,8, 778,4, 562,0 e 1535,7 kg de P_{est} ha⁻¹ respectivamente.

As estimativas de número de colheitas para consumir o P_{est} , ou seja, para retornar aos teores adequados para as plantas, sem aplicação de fertilizantes fosfatados, desconsidera perdas naturais do sistema. Para salsa, cebolinha, couve-folha e alface, poderiam ser realizadas em média 17, 44, 31 e 86 colheitas em solos cultivados a 6, 20, 30 e 50 anos respectivamente. Já para silagem de milho, poderiam ser realizados 7, 18, 13, e 36 cultivos respectivamente no mesmo solo até retornar a teores adequados.

Quanto as estimativas de período, em anos, sem aplicação de fertilizantes fosfatados, para salsa, cebolinha, couve-folha e milho para silagem, poderiam ser cultivados em média 1, 2, 1 e 4 anos em solos cultivados a 6, 20, 30 e 50 anos respectivamente, sem aplicação de fertilizantes fosfatados para reduzir os teores de P disponível até teores adequados. Para alface, onde o número de colheitas por ano é inferior as demais olerícolas folhosas, os solos poderiam ser cultivados 3, 8, 6 e 16 anos sem aplicação de fertilizantes fosfatados.

Estas estimativas foram realizadas para mitigação do potencial poluente na camada de 0 – 20 cm. Para atingir camadas inferiores, deve-se utilizar plantas de raízes mais profundas. Além disso, é necessário o monitoramento dos teores de P disponível nestes solos por meio de análises de solo e buscar os teores de outros elementos, como o potássio, para evitar maiores riscos ambientais. Propor

recomendações de adubação sem fertilizantes fosfatados até atingir teores de P disponível seguros no solo e realizar mais estudos para adicionar ao manual de calagem e adubação, quanto a recomendação para adubação de manutenção para estas culturas de ciclo curto. Também é necessária a suspensão de aplicação de fertilizantes fosfatados e potássicos, se também estiver em níveis muito altos. Fazer uso apenas de fertilizantes nitrogenados, levando em conta os níveis de matéria orgânica do solo, bem como, explorar o uso de cobertura do solo com leguminosas para fornecer N para as plantas. Os períodos sem aplicação de fertilizantes fosfatados são apenas estimativas, estão sujeitas a alterações devido a rotação de culturas, por isso e pelo custo elevado de análises de solo, pode-se recomendar fazer um histórico de cultivo nessas áreas e obtenção de dados da colheita, para estimar as exportações de nutrientes.

5. CONCLUSÃO

Solos cultivados com olerícolas por longo prazo, usando principalmente cama de aviário sem critério como fertilizante apresentou altos valores de pH em água, Ca^{2+} , P disponível e P_{CaCl_2} .

A partir de 6 anos de cultivo já pode ser observado acúmulo de nutrientes no solo, principalmente o fósforo.

Embora os teores de P disponível no solo sejam elevados, os teores de P no tecido vegetal foram considerados normais.

Espécies olerícolas apresentam baixa exportação de P por colheita.

No solo com maiores teores de P disponível, estima-se cultivar olerícolas entre 3 a 16 anos sem aplicação de fertilizantes fosfatados até retornar a teores adequados de P disponível no solo.

REFERÊNCIAS

ABCSEM. **Anuário Brasileiro de horti&fruti 2019**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2018- . ISSN 2178-0897 Disponível em: < http://www.abcsem.com.br/upload/arquivos/HortiFruti_2019_DUPLA.pdf >. Acesso em: 14 nov. 2021.

ABRAFRUTAS. **Cenário Hortifruti Brasil**. Brasília: 2018- Disponível em: < <https://abrafrutas.org/wp-content/uploads/2019/09/relatorio-hortifruti.pdf> >. Acesso em 15 nov. 2021.

AMARO, G. B.; SILVA, D. M.; MARINHO, A. G.; NASCIMENTO, W. M.
Recomendações Técnicas para o Cultivo de Hortaliças em Agricultura Familiar. Circular Técnica 47. Brasília: EMBRAPA, 2007, p. 16 ISSN 1415-3033 Disponível em: < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/781607/1/ct47.pdf> >. Acesso em: 13 nov. 2021.

American Public Health Association. **Standart methods for the examination of water and wastewater**. 18 Ed. Washington DC: American Public Health Association. 1992, p. 5-6. Disponível em: < https://beta-static.fishersci.com/content/dam/fishersci/en_US/documents/programs/scientific/technical-documents/white-papers/apha-phosphates-standard-methods-white-paper.pdf >. Acesso em: 17 set. 2022.

ANDRADE, E. M. G.; SILVA, H. S.; SILVA, N. S.; SOUSA JUNIOR, J. R.; FURTADO, G. F. Adubação orgânomineral em hortaliças folhosas, frutos e raízes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 3, p. 2, 2012. Disponível em: < <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7419817> >. Acesso em: 19 set. 2022.

ANDRIOLO, J. L. **Olericultura geral**. 3 ed. Santa Maria: Editora UFSM 2017, p. 96 Disponível em: < https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=paY2DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT7&dq=Olericultura+geral+andriolo&ots=gVMq6StoBJ&sig=jP_ODqU1D4dgdCYvBvfB24zjZsl#v=onepage&q=Olericultura%20geral%20andriolo&f=false >. Acesso em: 11 nov. 2021.

ARAUJO, L. C.; SANTOS, C.; FERREIRA, E. M.; CUNHA, O. F. R. Fontes de matéria orgânica como alternativa na melhoria das características químicas do solo e

produtividade do capim-mombaça. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 6, n. 1, p. 65-72, 2008. Disponível em: < <https://periodicos.pucpr.br/cienciaanimal/article/view/10358/9755> >. Acesso em: 12 abr. 2022.

AVILA. V. S.; MAZZUCO, H.; FIGUEIREDO, E. A. P. **Cama de aviário: materiais, reutilização, uso como alimento e fertilizante**. Concórdia, SC: EMBRAPA-CNPSA, 1992, 38 p. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/67877/1/CUsersPiazzonDocumentsProntosCNPSA-DOCUMENTOS-16-CAMA-DE-AVIARIO-MATERIAIS-REUTILIZACAO-USO-COMO-ALIMENTO-E-FERTILIZANTE-FL-12.pdf> >. Acesso em 20 mai. 2022.

BARROS *et al.* **Cama de aviário como fonte de nutrientes em solo arenoso**. FERTBIO Goiânia, GO, p. 1 2016. Disponível em: < <http://sbcs.org.br/fertbio2016/anais/pdfs/plenary/BBTE.pdf> >. Acesso em: 19 set. 2022.

BARROS, J. F. C. **Fertilidade do solo e Nutrição das plantas**. Publicações de Carácter Pedagógico. Universidade Évora. 2020 p. 33. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/10174/28120> >. Acesso em: 20 set. 2022.

BATISTA, M.A.; INOUE, T.T.; ESPER NETO, M.; MUNIZ, A.S. Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral. In: BRANDÃO FILHO, J.U.T., FREITAS, P. S. L., BERIAN, L. O. S., GOTO, R. **Hortaliças-fruto**. Maringá: EDUEM, 2018, p. 113-162. Disponível em: < <https://doi.org/10.7476/9786586383010.0006> >. Acesso em: 19 set. 2022.

BASSANI, D. L. Um estudo de caso na aplicação da IN 11/FATMA 2014 em uma propriedade suinícola do Oeste catarinense. Dissertação de graduação em Agronomia – UFFS, Chapecó, SC, p. 44, 2017. Disponível em: < <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/3125/1/BASSANI.pdf> >. Acesso em: 16 out. 2022.

BELFORT, C. C.; HAAG, H. P. Nutrição Mineral de Hortaliças – LVI- Carência de Macro Nutrientes em Cebolinha (*Allium schoenoprasum*). **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**. Vol. XL, 1983. Disponível em: <

<https://www.scielo.br/j/aesalq/a/S7hGwQ8jcGBr4Jxx7MLyDSj/?lang=pt&format=pdf>
>. Acesso em: 16 nov. 2021.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos**, 3 ed.: São Paulo. 2013, p. 667. Disponível em: <
https://www.academia.edu/34687817/Elementos_da_Natureza_e_Propriedades_dos_Solos_Livro_por_Ray_R_Weil >. Acesso em: 30 set. 2022.

CAETANO, A. C. **Olericultura**. 1 ed.: Manaus. Instituto Federal do Amazonas, 2014, p. 130. Disponível em: < <http://proedu.rnp.br/handle/123456789/973> >. Acesso em: 25 nov. 2022

CARMO, C. A. F. S.; ARAÚJO, W. S.; BERNARDI, A. C. C.; SALDANHA, M. F. C. **Métodos de Análise de Tecidos Vegetais Utilizados na EMBRAPA Solos**. Circular técnica 6. Brasília: EMBRAMA, 2000 p. 41. Disponível em: <
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/62212/1/Metodo-de-analise-de-tecido.pdf>. > Acesso em: 10 nov. 2021.

CARMO, L. D.; FIGUEIREDO, F. C.; BOTREL, P. P.; **Efeito do calcário líquido, cal virgem dolomítica e calcário comum na correção do solo**. *In*: 39 Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras – CBPC, Poços de Caldas, MG. 2013. Disponível em: < http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/7253/143_39-CBPC-2013.pdf?sequence=1 >. Acesso em: 15 out. 2022.

CARVALHO, J.; MARCUZZO, L. L. Efeito da altura da poda na produtividade de cebolinha-verde. **Revista Agronomia Brasileira**, São Paulo, v. 5 mar. 2021. Disponível em: < https://www.researchgate.net/profile/Leandro-Marcuzzo-2/publication/349692865_Efeito_da_altura_da_poda_na_produtividade_de_cebolinha-verde_Effect_of_pruning_height_on_scallion_crop/links/603cda13a6fdcc9c78056815/Efeito-da-altura-da-poda-na-produtividade-de-cebolinha-verde-Effect-of-pruning-height-on-scallion-crop.pdf >. Acesso em: 20 out. 2022.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS – RS/SC). Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 11. ed., **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul**, p. 376, 2016.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – (CONAMA). Resolução nº 4, de 04 de maio de 1994, Brasília, DF. 1993. Orienta os procedimentos de licenciamento de atividades florestais no Estado de Santa Catarina. Brasília, DF. 1994. Disponível em: < <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0004-040594.PDF> >. Acesso em: 27 nov. 2022.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – (CONAMA). Resolução 357, de 17 de Março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. DOU nº 053, de 18/03/2005, p. 58 - 63. Disponível em: < https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf >. Acesso em: 30 set. 2022.

CONTE, E.; ANGHINONI, I.; RHEINHEIMER, D. S. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatase ácida após aplicação de fosfato em solo no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 925-930, 2002. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/d5kyvgXyNfP5dL7DGkKkLxt/?lang=pt&format=pdf#:~:ext=2.-,A%20atividade%20de%20fosfatase%20%C3%A1cida%20n%C3%A3o%20foi%20influenciada%20pela%20adi%C3%A7%C3%A3o,em%20rela%C3%A7%C3%A3o%20ao%20solo%20cultivado.> >. Acesso em: 27 nov. 2022.

CORRÊA, J. C.; MIELE, M. A cama de aves e os aspectos agronômicos, ambientais e econômicos. In: PALHARES, J. C. P.; KUNZ, A. **Manejo Ambiental na avicultura**. 1 ed.:Concórdia, Embrapa suínos e aves, 2011, p. 125 – 152. Disponível em: < <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=920818&biblioteca=vazio&busca=920818&qFacets=920818&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1> >. Acesso em: 06 out. 2022.

COSTA, M. T. S. **Ensaio de competição entre cultivares de salsa (*Petroselinum crispum*) em ambiente aberto**. Dissertação de graduação em Agronomia – FAV/UNB, Brasília DF, p. 26, 2017. Disponível em: < <https://bdm.unb.br/handle/10483/20362> >. Acesso em 20 out. 2022.

DAÍ PRÁ, M. A. *et al.* **Quicklime reduces salmonella and clostridium sp counts in used broiler litter**. European Poultry Conference. 2010. Disponível em: < http://www.wpsa.com/index.php/publications/wpsa-proceedings/2010/xiii-epc?iccaldate=2016-7-1&filter_order=tbl.created_time&format=html&layout=default&filter_order_Dir=DESC&start=340 >. Acesso em 25 mai. 2022.

ESPANHOL, *et al.* Propriedades químicas e físicas do solo modificadas pelo manejo de plantas espontâneas e adubação orgânica em pomar de macieira. **Revista de Ciências Agroveterinárias** – Lages SC. V. 6, p. 83-94 2007. Disponível em: < <https://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5368/3573> >. Acesso em 22 set. 2022.

FAQUIN, V.; ANDRADE, A. L. **Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional das hortaliças**. Dissertação de pós-graduação - UFLA/FAEPE, Lavras, MG, p. 88, 2004. Disponível em: < https://dcs.ufla.br/images/imagens_dcs/pdf/Prof_Faquin/Nutricao_mineral_diagnose_hortalicas2_ed.pdf >. Acesso em: 20 set. 2022.

FURLANI, A. M. C.; FURLANI, P. R.; BATAGLIA, O. C.; HIROCE, R.; GALLO, J. R. Composição Mineral de Diversas Hortaliças. **Revista Científica do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo**. Campinas vol. 37, n. 5, abr. 1978. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/brag/a/TwHfwngRPgqf39Ds5x6Qcrt/?format=pdf&lang=pt.> > Acesso em 14 nov. 2021.

GATIBONI, L. C.; SMYTH, T. J.; SCHMITT, D. E.; CASSOL, P. C. OLIVEIRA, C. M. **B. Proposta de limites críticos ambientais de fósforo para solos de Santa Catarina**. Lages: UDESC/CAV, 2014, p. 38 Disponível em: < http://www.cav.udesc.br/arquivos/id_submenu/622/boletim_tecnico_2014_proposta_de_limites_criticos_ambientais_de_fosforo_para_solos_de_santa_catarina.pdf. > Acesso em: 11 nov. 2021.

GONÇALVES *et al.* Qualidade da cama de frango e a alternativa da acidificação como tratamento. **Nativa**, v. 7, n. 6, p. 828-834, 2019. Disponível em: < <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/7041/6595> >. 04 jul. 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. Indicadores IBGE: **Estatísticas da Produção Pecuária**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível

em: < [https://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Fasciculo_Indicador es_IBGE/abate-leite-couro-ovos_202003caderno.pdf](https://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Fasciculo_Indicador_es_IBGE/abate-leite-couro-ovos_202003caderno.pdf) >. Acesso em 10 nov. 2021.

Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina – IMA. Instrução Normativa 11 – Suinocultura, versão junho/2022. Disponível em: <https://in.ima.sc.gov.br> >. Acesso em: 15 out. 2022.

KLEIN, C.; AGNE, S. A. A. Fósforo: de Nutriente à Poluente. **Ver. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 8, n. 8, p. 1713-1721, set. – dez. 2012. (e-ISSN: 2236-1170). Disponível em: < <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/6430/pdf#:~:text=A%20legisla%C3%A7%C3%A3o%20brasileira%20n%C3%A3o%20considera,e%20seu%20potencial%20como%20poluente.&text=O%20ciclo%20do%20P%20no,os%20animais%20e%20os%20microorganismos.> >. Acesso em: 10 nov. 2021.

KLEIN, R. M. **Mapa fitogeográfico do estado de Santa Catarina**. Flora Ilustrada Catarinense. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí – SC, 1978. Disponível em: < <https://www.iff.sc.gov.br/nossa-%C3%A1rea-de-estudo> >. Acesso em: 27 nov. 2022.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. **World map of the Köppen-Geiger climate classification updated**. Meteorologische Zeitschrift, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/51997463_World_Map_of_the_Koppen-Geiger_Climate_Classification_Updated >. Acesso em: 02 Nov. 2021

KUO, S. Phosphorus. In: SPARKS, D.L., ed. Methods of soil analysis: Chemical methods. Madison, SSSA, 1996. Part 3. p.869-920.

LEMOS, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Ed. 3, Campinas:Sociedade Brasileira de Solos, 1996 p. 84. Disponível em: < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/330369> >. Acesso em: 20 set. 2022.

LIMA *et al.* Compartimentos de carbono orgânico em Latossolo cultivado com hortaliças sob diferentes manejos. **Pesq. agropec. bras.** V. 51, n. 4, p. 378-387, 2016. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/pab/a/t8sFnC7HTz7zHwvmWzTmNQr/?format=pdf&lang=pt> >. Acesso em 22 set. 2022.

LUCCA, W.; CECCHIN, R.; TIMBOLA, E.; GRADIN, J. LUCCA, M. S. Efeito de diferentes tratamentos químicos em cama para aves de corte. **Revista Agrogeoambiental**, n. 1, p. 25-31. 2012. Disponível em: < <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/371> >. Acesso em: 17 set. 2022.

MAAS, K. D. B.; VIEIRA, C. R.; WEBER, O. L. S.; MAGALHÃES, S. S. A. CARBONO E NITROGÊNIO NAS CLASSES DE AGREGADOS DE UM SOLO SUBMETIDO À APLICAÇÃO DE CAMA DE FRANGO. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 19, n. 2, p. 6-16, 2018. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/325375953_CARBONO_E_NITROGENIO_NAS_CLASSES_DE_AGREGADOS_DE_UM_SOLO_SUBMETIDO_A_APLICACAO_DE_CAMA_DE_FRANGO >. Acesso em: 22 set. 2022.

MANTOVANI, J. R.; OLIVEIRA, I. A. C.; MARQUES, J. M.; SILVA, A. B. LANDGRAF, P. R. C. Teores de fósforo no solo e produção de alface crespa em função de adubação fosfatada. **Semina: Ciências agrárias**. Vol. 35, núm. 4, 2014. Disponível em: < <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744143011.pdf> >. Acesso em: 07 out. 2022.

MATOS, E. S.; MENDONÇA, E. S.; LEITE, L. F. C.; GALVÃO, J. C. C. Estabilidade de agregados e distribuição de carbono e nutrientes em Argissolo sob adubação orgânica e mineral. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 43 p. 1221-1230 2008. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/pab/a/jrzPSQsTSSkmGsTpWpyqCNT/?format=pdf&lang=pt> >. Acesso em: 20 set. 2022.

MIGUEL *et al.* Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. **CES Revista**. Juiz de Fora, MG, v. 24, p. 12-30. 2010. Disponível em: < https://www.academia.edu/27505546/Efeitos_tóxicos_do_alumínio_no_crescimento_das_plantas_mecanismos_de_tolerância_sintomas_efeitos_fisiológicos_bioquímicos_e_controles_genéticos >. Acesso em 18 set. 2022.

MOLINA JUNIOR, W. F.; **Comportamento mecânico do solo em operações agrícolas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2017, p. 223. Disponível em: < https://www.esalq.usp.br/biblioteca/sites/default/files/Comportamento_Mecanico.pdf >. Acesso em 20 set. 2022.

MORINO, C. C. **Aplicação de dejetos suínos no solo como insumo agrônômico e os seus impactos ambientais**. Monografia de especialização - Escola Superior da CETESB, São Paulo, SP, 140 p. 2021. Disponível em: < https://cetesb.sp.gov.br/escolasuperior/wp-content/uploads/sites/30/2021/08/Camila-Canesi-Morino_TCC-T2-2021-versao-final.pdf >. Acesso em: 17 set. 2022.

MOURA, C. M. **Atributos químicos do solo e rendimento de cultivos em experimento de longa duração cultivado com níveis de calcário e de cama de aviário aplicados em superfície**. Dissertação de mestrado – UTFPR, Pato Branco, PR, 2022. Disponível em: < <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/29545/1/quimicacalcariocamaaviario.pdf> >. Acesso em 28 set. 2022.

MOURA, K. S. A. **Crescimento e produtividade da couve de folhas em sistema *slab* com diferentes substratos**. Dissertação de Doutorado – UFAC, Rio Branco, AC, p. 79, 2018. Disponível em: < <http://www2.ufac.br/ppga/menu/dissertacoes/teses/2018/kelceane-moura.pdf> >. Acesso em 21 out. 2022.

NAMIUCHI, M. G, *et al.* **Avaliação da estabilização de camas de aves através de parâmetros físico-químicos**. XXI CIC, 4ª Mostra Científica, Pelotas, 2012: Disponível em: < http://www2.ufpel.edu.br/cic/2012/anais/pdf/EN/EN_00191.pdf >. 07 jul. 2022.

NASCIMENTO, M. V.; SILVA JUNIOR, R. L.; FERNANDES, L. R.; XAVIER, R. C.; BENETT, K. S. S.; SELEGUINI, A.; BENETT, C. G. S. Manejo da adubação nitrogenada nas culturas de alface, repolho e salsa. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia – MS, v. 4, n. 1, p. 665-71, 2017. Disponível em: < <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/1099/1267> > Acesso em: 20 out. 2022.

OLIVEIRA, C. B. S. **Ensaio de cultivares de salsa (*Petroselinum crispum*) em canteiros sob ambiente protegido**. Dissertação de graduação em Agronomia – FAV/UNB, Brasília DF, p. 35, 2016. Disponível em: < https://bdm.unb.br/bitstream/10483/16373/1/2016_CamilaBeatrizOliveira_tcc.pdf >. Acesso em: 20 out. 2022.

PEREIRA, I. S.; PEREIRA, M. T. **OLERICULTURA**. NT Editora. Brasília: 2016, p. 158 Disponível em: < <https://avant.grupont.com.br/dirVirtualLMS/arquivos/texto/48aad08f9e197cb2051139d42ff34e69.pdf> >. Acesso em 11 nov. 2021.

PINHEIRO, J. I. **Acúmulo e exportação de N P K em plantas de alface e coentro produzidas em sistema orgânico**. Dissertação de graduação – UFC. Fortaleza, CE, 2015. Disponível em: < <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/36617> >. Acesso em: 30 set. 2022.

PORTUGAL, A. F.; RIBEIRO, D. O.; CARBALLAL, M. R.; VILELA, L. A. F.; E. J.; GONTIJO, M. F. D. **Efeitos de diferentes doses de cama de frango por dois anos consecutivos na condição química do solo e obtenção de matéria seca em *brachiaria brizantha* cv. Marandú**. Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais – SIGERA. Florianópolis – SC, 2009. Disponível em: < <http://www.sbera.org.br/sigera2009/downloads/obras/003.pdf> >. Acesso em 5 out. 2022.

PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI M. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar**. Vitória, ES:Incaper, 2013, p. 104. Disponível em: < <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/40/1/Guia-interpretacao-analise-solo.pdf> >. Acesso em 20 set. 2022.

PROCHNOW, L. I.; PETERSON, H.; BRUULSEMA, T. **ACESSO DAS PLANTAS AO LEGADO DE FÓSFORO, COM FOCO NOS TRÓPICOS. Informações Agronômicas** – NPCT, v. 1, 2019. Disponível em: < [https://www.npct.com.br/publication/ia-brasil.nsf/B5CC3A954059C780832583ED005066C5/\\$File/Page9-11-1.pdf](https://www.npct.com.br/publication/ia-brasil.nsf/B5CC3A954059C780832583ED005066C5/$File/Page9-11-1.pdf) >. Acesso em 30 set. 2022.

PUIATTI, M. **Olericultura: a arte de cultivar hortaliças**. Viçosa – MG:UFV, CEAD, 2019, p.184. Disponível em: < <https://serieconhecimento.cead.ufv.br/wp-content/uploads/2020/03/Olericultura-download.pdf> >. Acesso em 25 nov. 2022.

RAMOS, A. L. **Cama de frango e organomineral na cultura da cana-de-açúcar**. Dissertação de pós-graduação – UFU, Uberlândia, MG, p. 72, 2013. Disponível em: <

<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/12079/1/CamaFrangoOrganomineral.pdf> >. Acesso em: 25 set. 2022.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades físicas do solo**. Santa Maria:Departamento de solos, UFSM, 2006, p. 18. Disponível em: <
https://www.researchgate.net/publication/337498761_Reinert_Reichert_-_Propriedades_fisicas_do_solo/citations >. Acesso em: 20 set. 2022.

ROMÃO, R. L. **Carbono orgânico em função do uso do solo**. Dissertação de mestrado – UNESP, Jaboticabal, SP, p. 47, 2013. Disponível em: <
[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/88223/romao_rl_me_jabo.pdf;jsessionid](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/88223/romao_rl_me_jabo.pdf;jsessionid=) >. Acesso em: 20 set. 2022.

ROPPA A. *et al.* **Análises dos Teores de Nitrogênio, Fósforo e Potássio em Camas de Aviário para Adubação Orgânica**. Frederico Westphalen, 2012. Disponível em: <
https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/64926/Poster_23692.pdf?sequencia=2 >. Acesso em: 15 nov. 2021.

SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 576-586, 2008. Disponível em: <
<https://www.scielo.br/j/cr/a/CGKVc6BnjKqMGzf38RmCpDb/?format=pdf&lang=pt> >. Acesso em 20 set. 2022.

SCHALLEMBERGER *et al.* Efeito da utilização de cama de aviário como adubo orgânico na qualidade química e microbiológica do solo. **Anuário do Instituto de Geociências** – UFRJ. V. 42, p. 580-592, 2019. Disponível em: <
<https://papegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/13160> >. Acesso em 25 set. 2022.

SCHMITT D. E. **Disponibilidade de fósforo de fontes orgânicas às plantas em solos com diferentes teores iniciais de fósforo**. Dissertação de doutorado – UDESC, Lages, SC, p. 136, 2016. Disponível em: <
https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/1476/Tese_Djalma_Schmitt_17042016_final_15694152636441_1476.pdf >. Acesso em 15 out. 2022.

SHARPLEY, A. N.; KLEINMAN, P. J.A.; WELD, J. L. Environmental soil phosphorus indices. In: CARTER, M. R.; GREGORICH, E. G. **Soil sampling and methods of analysis**. 2 Ed. Boca Raton, FL: CRC Press. 2007. p. 141-159. < https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/47355698/mo-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1663902076&Signature=WzrniZA6gTieb3ZxfxJNvKdt5ANrISLSdAuFY7P78Dec~pvgWFlu~2n2KxO~HB7mmFP2yWwHeizlLlphqDrsSMDPJfYQswtuC-6LAh01oQa03LPpBEBS0EoFRDoaSG3qVV14BrbG~R-Z2G4AhP~pVAmUYI9LvLdsxMKZVRQjVkdCLGgMAUBABf-zTsiorghjMFouLcqzkrQOUm8IARNBEhp6BjnqCL4VkxhV6vW4LJmsKtsDfgdBe8g5w8iGsP2WcNUg-7gl~XtH-X2TzYZpBq-VTq14qGaC9DoWa6X5e0js2uTRy7yWAcqYcJ~N7AM0gxgL81maGDK~5xjMOS7g_&Key-Pair=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA#page=167 > Acesso em 27 set. 2022.

SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS (SiBCS). 5.ed. Brasília, DF, **Embrapa Solos**, p. 598, 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/sibcs>>. Acesso em: 25 out. 2022.

SOUSA, E.; LOBATO, D. M. G. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed: Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004, p. 416. Disponível em: < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/555355> >. Acesso em 7 out. 2022.

SOUSA, R. B.; ALCÂNTARA, F.A. **Adubação no sistema orgânico de produção de hortaliças**. Circular técnica 65, Embrapa. Brasília, DF. 2008. Disponível em: < https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPH-2009/34838/1/ct_65.pdf >. Acesso em: 27 nov. 2022.

STOCK, A. **Olericultura no alto vale do Itajaí: impactos da atividade naquele espaço geográfico**. Globalização em tempos de Regionalização – Repercussões no Território. Santa Cruz do Sul – RS, 2015. Disponível em: < <https://online.unisc.br/acadnet/anais/index.php/sidr/article/viewFile/13412/2579> >. Acesso em: 25 nov. 2022.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Analises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, RS, p. 170, 1995. Disponível em: < <https://pt.scribd.com/doc/41082320/Tedesco-et-al-1995> >. Acesso em: 19 fev. 2022.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A. TEIXEIRA, W.G. **Manual De Métodos de Análise de Solo**. 3 ed. Brasília: EMBRAPA, 2017, p. 574 ISBN 978-85-7035-771-7. Disponível em: <

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/181717/1/Manual-de-Metodos-de-Analise-de-Solo-2017.pdf> >. Acesso em: 10 nov. 2021.

TERZICH, M. A. **Amônia dos galpões avícolas e o pH da cama**. Conferência Afinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 1997, São Paulo: Associação Brasileira dos Produtores de pintos de Corte, 1997. p. 141-146.

TRANI, P. E.; TERRA, M. M.; TECCHIO, M. A.; TEIXEIRA, L. A. J.; HANASIRO, J. Adubação orgânica de hortaliças e frutíferas. **Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas**. 2013. Disponível em <

https://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/83.pdf . Acesso em: 27 nov. 2022.

TRANI, P. E.; TRANI, A. L. **Fertilizantes: cálculo de fórmulas comerciais**. Boletim técnico IAC 208. Campinas: Instituto Agrônomo. 2011, p. 29. Disponível em: < <https://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/arquivos/iacbt208.pdf> > Acesso em: 01 set 2022.

UENO, R. K.; NEUMANN, M.; MARAFON, F.; REINEHR, L. L.; POCZYNEK, M.; MICHALOVICZ L. Exportação de macronutrientes do solo em área cultivada com milho para alimentação de bovinos confinados. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 3001-3018, 2013.

WREGGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JR., C.; ALMEIDA, I. R. **Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado**; Colombo: Embrapa Florestas, 2012.

Disponível em: < <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1045852/atlas-climatico-da-regiao-sul-do-brasil-estados-do-parana-santa-catarina-e-rio-grande-do-sul> >. Acesso em: 03 nov. 2021.

ZÁRATE, N. A. H.; VIEIRA, M. C. **Hortas: conhecimentos básicos**. 1. ed. Dourados, MS: Seriema, 2018. p. 298. <

<http://abhorticultura.com.br/downloads/hortas.pdf> >. Acesso em: 18 set. 2022.