

**DECLARAÇÃO ESCRITA (TOTAL
DE 8 PÁGINAS)**

**PROJETOS RELACIONADOS
(DEMAIS PÁGINAS)**

ARQUIVOS ABAIXO

DECLARAÇÃO DE EXPERIÊNCIA PROFISSIONAL – TEMPO
EXPERIÊNCIA PROFISSIONAL OBRIGATÓRIO

Eu, Jaime Antonio de Almeida, Professor Titular do Departamento de Solos e Recursos Naturais do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC/CAV), declaro, para os devidos fins, que o Dr. Gabriel Octávio de Mello Cunha, engenheiro agrônomo, mestre, doutor e pós-doutor em Ciência do Solo, sob minha supervisão, exerceu atividades laboratoriais e técnico-científicas nas dependências do Laboratório de Gênese e Classificação de Solos da UDESC/CAV, entre os anos de 2009 e 2023, nos seguintes contextos:

1. CURSO DE MESTRADO EM MANEJO DO SOLO

Período: de março de 2011 a 17 de maio de 2013

Instituição: Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC/CAV

Título do projeto: Mineralogia e Formas de Alumínio em Solos Ácidos Brasileiros

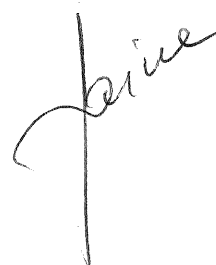
Atividades: condução de estudo comparativo sobre as formas de alumínio presentes em horizontes A e B de solos ácidos coletados em diferentes regiões do Brasil (Acre, Bahia, Pernambuco, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), com foco na avaliação da eficiência de múltiplos extratores químicos. Foram testados os seguintes extratores: KCl 1 mol L⁻¹ (método tradicional); KCl 1 mol L⁻¹ tamponado a pH 5; KCl 0,1 mol L⁻¹; CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹; Oxalato de amônio 0,2 mol L⁻¹; Pirofosfato de sódio 0,1 mol L⁻¹; Cloreto de cobre 0,5 mol L⁻¹.

Também foram aplicados métodos de extrações sucessivas, curvas de titulação potenciométrica e análises mineralógicas. A quantificação do alumínio foi realizada por titulação e, quando necessário, por espectrofotometria de absorção atômica. Os resultados foram utilizados para identificar a presença de formas trocáveis, complexadas e amorfas de alumínio, com vistas à melhoria na recomendação de calagem em solos com altos teores do elemento.

2. CURSO DE DOUTORADO EM CIÊNCIA DO SOLO

Período: de agosto de 2013 a 29 de setembro de 2017

Instituição: Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC/CAV



Título do projeto: Formas de Alumínio em Solos com Altos Teores Trocáveis e Toxidez na Soja e no Milho

Atividades: condução de experimentos em casa de vegetação com solos ácidos coletados de diversas regiões brasileiras (AC, PE, RS e SC), submetidos a diferentes níveis de calagem e cultivados com soja e milho para avaliação de resposta nutricional e toxidez ao alumínio. Foram realizadas análises químicas do solo (pH em água, CaCl₂ e KCl; Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, P, Al³⁺ e H+Al – e cálculo dos outros atributos químicos dos solos após a obtenção desses resultados) e da solução do solo (pH, força iônica, condutividade elétrica, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Al³⁺, ânions e carbono orgânico dissolvido). Também foram realizadas análises do tecido vegetal (N, P, K, Ca, Mg e Al em folhas, caules e raízes) e cálculo de índices de eficiência de absorção, transporte e utilização de nutrientes.

A especiação química do alumínio foi conduzida por meio do programa Visual MINTEQ. Além disso, realizou-se também e complementada com extrações químicas sequenciais (ES) e não sequenciais (ENS) com os seguintes extratores: CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, KCl 0,1 mol L⁻¹, KCl 1 mol L⁻¹, Oxalato de amônio 0,02 mol L⁻¹.

O estudo demonstrou que, embora o Al-KCl seja tradicionalmente interpretado como forma trocável, sua quantificação incluiu frações não trocáveis e amorfas em alguns solos, especialmente àqueles com esmectitas em degradação, o que gerou superestimação dos teores de Al. Em muitos casos, mesmo com altos teores de Al-KCl, não houve manifestação de toxidez nas plantas, evidenciando a importância de métodos complementares para a correta avaliação da toxicidade por alumínio nos solos tropicais.

3. ESTÁGIO PÓS-DOCTORAL – PROJETO 1 (COM BOLSA)

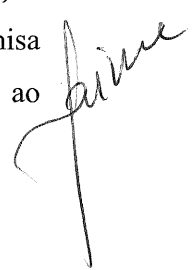
Período: de 1º de dezembro de 2017 a 31 de maio de 2018

Instituição: Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC/CAV, por meio da Fundação Instituto de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão do CAV – FIEPE

Título do projeto: Ensaio de Eficiência Agronômica da Rocha Olivina Melilitito como Remineralizador de Solos para Uso na Agricultura

Atividades: O projeto consistiu na realização de ensaio agronômico para avaliação da eficácia do pó de rocha Olivina Melilitito, fornecido pela empresa Dinamisa Mineração S.A., como remineralizador de solos, com vistas ao seu registro junto ao MAPA.

As atividades envolveram:



▪ **Coleta e preparo de amostras** de dois solos catarinenses (Cambissolo Háplico e Argissolo Vermelho);

▪ **Caracterização química prévia** dos solos (pH, pH SMP, carbono orgânico, capacidade de campo, P e K);

▪ **Delineamento fatorial** $4 \times 2 \times 2 \times 2 \times 1$ com quatro doses do remineralizador (0, 2,5, 5 e 10 t ha⁻¹), duas granulometrias (Pó e Filler), duas culturas (soja e sorgo) e dois solos, além de tratamento adicional com calcário dolomítico e adubação NPK convencional;

▪ **Incubação dos solos** por 60 dias com umidade ajustada a 80% da capacidade de campo, com revolvimento periódico;

▪ **Cultivo das plantas** em vasos com 4 kg de solo, sob casa de vegetação, com inoculação e adubação conforme protocolo técnico da EMBRAPA, incluindo práticas de desbaste, rotação de vasos e controle fitossanitário;

▪ **Coleta e análise das plantas** nos estádios ideais de desenvolvimento (florescimento e folha bandeira), com separação e secagem da parte aérea e raízes, quantificação da matéria seca total e determinação dos teores de, Ca, Mg e Al por ICP-OES, fotometria e N destilação a vapor com o uso do aparelho Kjeldahl, P (colorimetria) e K (fotômetro de chama);

▪ **Cálculo do acúmulo de nutrientes** no tecido vegetal, após a obtenção dos resultados dos elementos citados no item anterior;

▪ **Análises químicas pós-cultivo** dos solos (pH em água e em cloreto de cálcio 0,01 mol L⁻¹, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, P, Al³⁺; com os resultados desses, procedeu-se os cálculos dos demais atributos químicos dos solos);

▪ **Análises físico-químicas, elementares e mineralógicas da rocha**, As análises químicas das rochas foram realizadas conforme os padrões exigidos pela Instrução Normativa nº 5/2016 do MAPA. As amostras foram moídas, secas e peneiradas para granulometria filler.

A composição química elementar das rochas foi determinada por métodos analíticos oficiais:

- ICP-AES e ICP-MS, para elementos maiores e menores, conforme protocolos da empresa ALS Global (Peru);
- LECO, para determinação do carbono e enxofre totais;
- Análise de fluorescência de raios-X (EDX), com o equipamento Epsilon 3 da Panalytical e quantificação via software OMNIAN;
- pH de abrasão, segundo Grant (1969);

Handwritten signature

- Análises mineralógicas por difratometria de raios-X (DRX) e por análise petrográfica óptica em lâminas delgadas.

O experimento demonstrou ganhos expressivos nas propriedades químicas do solo, redução da toxidez por alumínio e incremento na produção vegetal. Todos os dados foram utilizados para compor o relatório técnico submetido ao MAPA para fins de registro do produto como remineralizador de solos, culminando na aprovação do registro da rocha Olivina Melilitito como insumo agrícola conforme a Instrução Normativa MAPA nº 5/2016.

4. PÓS-DOCTORADO (PNPD/CAPES) – PROJETO 2

Período: dezembro de 2019 a fevereiro de 2021

Instituição: UDESC/CAV – bolsista PNPd/CAPES

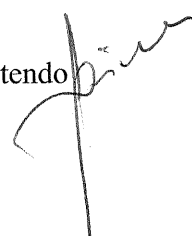
Título do projeto: Ensaio da eficiência agrônômica das rochas tefrito, silito, olivina melilitito e da mistura das rochas olivina melilitito + silito como remineralizadores de solos para uso na agricultura

Atividades: O referido experimento foi realizado em casa de vegetação, com o objetivo de avaliar a eficácia dos remineralizadores mencionados na melhoria das propriedades químicas de dois solos (Cambissolo Háplico e Nitossolo Bruno), bem como no desenvolvimento agrônômico das culturas de soja e cevada, cultivadas em sucessão. Foram testadas aplicações puras e em combinação com esterco bovino curtido, em diferentes dosagens, com controles adequados.

As análises físicas e químicas das rochas foram realizadas, conforme descrito no item 3, projeto 1.

As análises químicas dos solos foram realizadas no Laboratório de Gênese e Mineralogia do Solo (UDESC/CAV). Após o preparo das amostras (secagem, peneiramento e homogeneização), foram determinados:

- pH em água e em CaCl_2 0,01 mol L⁻¹ (potenciometria);
- Teores trocáveis de Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} (extração com KCl 1 mol L⁻¹). Os dois primeiros, determinados por espectrofotômetro de absorção atômica e, o último por titulação, tendo como indicador a fenolftaleína;
- P, K^+ e Na^+ disponíveis (extração com Mehlich-1 e leitura de P por colorimetria e K^+ e Na^+ por fotometria de chama);
- H+Al (extração com acetato de cálcio tamponado a pH 7,0. Titulação, tendo como indicador a fenolftaleína);



- Condutividade elétrica (condutivímetro) e pH da solução do solo (pHmetro) (extrato 1:1 solo:água, com centrifugação e filtração);
- Cátions solúveis: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Si , Al^{3+} e P solúvel por ICP-OES e K e Na com fotômetro de chama.

As análises químicas das plantas abrangeram tanto folhas índices quanto sementes, realizadas em estágios específicos do desenvolvimento das culturas:

- Folhas: secas, moídas e submetidas à digestão sulfúrica para determinação de N (destilação com Kjeldahl), P (colorimetria), K (fotômetro de chama), Ca^{2+} e Mg^{2+} espectrofotômetro de absorção atômica);
- Sementes: moídas, peneiradas e analisadas para Ca, Mg, K, N, P total, fósforo inorgânico (Pi), fitato e proteína bruta (multiplicando-se o N% por 6,25);
- O acúmulo de nutrientes nas sementes foi calculado com base na massa de sementes e nos teores obtidos.

Os resultados obtidos demonstraram que os produtos olivina melilitito e silitito + olivina melilitito atenderam integralmente às exigências legais para enquadramento como remineralizadores de solos, apresentando desempenho agrônômico comparável ou superior ao tratamento convencional, especialmente em relação à produção de matéria seca, peso de sementes e composição nutricional. Os demais produtos apresentaram desempenho inferior, especialmente o silitito puro, em razão do alto teor de sílica livre. A associação dos remineralizadores com esterco bovino potencializou a eficiência agrônômica dos tratamentos, sendo fortemente recomendada para sistemas de base orgânica.

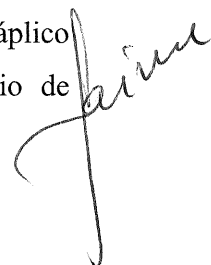
5. Estágio Pós-Doutoral – Projeto 3 (sem bolsa)

Período: de agosto de 2021 a dezembro de 2021

Instituição: UDESC/CAV

Título do projeto: Avaliação da dinâmica de liberação de nutrientes pelos pós das rochas silitito, tefrito, olivina melilitito e da mistura silitito + olivina melilitito após diferentes tempos de incubação

Atividades: O referido estudo objetivou fornecer subsídios para o entendimento do potencial de liberação de nutrientes por diferentes pós de rochas (silitito, tefrito, olivina melilitito e a mistura silitito + olivina melilitito), aplicados de forma pura ou combinada com esterco bovino curtido, considerando diferentes tempos de incubação (TI). Para isso, os produtos foram aplicados em dois solos contrastantes: Cambissolo Háplico Alumínico típico e Nitossolo Bruno Distrófico típico, coletados no município de



Lages/SC. As aplicações foram realizadas em diferentes doses (2,5; 5 e 10 t ha⁻¹), incluindo: pós puros das rochas tefrito e silito; pós combinados com esterco bovino (5 e 10 t ha⁻¹); olivina melilitito e silito + olivina melilitito (5 e 10 t ha⁻¹); esterco bovino puro (5 t ha⁻¹ MS); controle (solo em condição natural); tratamento convencional (calcário + fertilizantes solúveis).

Os solos foram incubados e cultivados em baldes (7 L) contendo 5 kg de solo (base seca), ao longo de cinco tempos distintos de incubação (TI), conforme a seguinte cronologia:

- TI1 – 45 dias de incubação (DI)
- TI2 – 172 DI (após o cultivo da soja – 127 dias)
- TI3 – 352 DI (após o cultivo da cevada – 150 dias)
- TI4 – 516 DI (segundo ciclo da soja + período sem cultivo)
- TI5 – 982 DI (segundo ciclo da cevada + repouso de solo)

Em cada TI, após a condução dos experimentos com as culturas da soja e da cevada, foram realizadas análises químicas nos solos e na solução do solo. As amostras foram secas, peneiradas e transformadas em Terra Fina Seca ao Ar (TFSA). Os atributos avaliados nos solos incluíram:

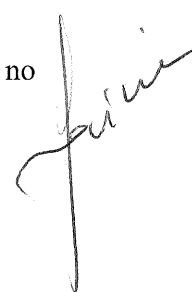
- pH em água e CaCl 0,01 mol L⁻¹ (potenciometria)
- Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺ trocáveis (extração com KCl 1 mol L⁻¹)
- K, Na, P disponíveis (extração Mehlich-1; para os dois primeiros, leituras com fotômetro de chama e, para o último, colorimetria)
- Estimativas de CTC a pH 7, CTC efetiva, soma e saturação por bases, e saturação por Al³⁺

Na solução do solo, foram quantificados:

- Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, Si (ICP-OES) K, Na (fotômetro de chama) e P (colorimetria);
- Estimativas de soma de bases e percentual de Al³⁺ em relação aos cátions

Ademais, salienta-se que, as análises químicas do esterco bovino foram realizadas após secagem e peneiramento (<2 mm), com quantificação de Ca²⁺, Mg²⁺, P e K (quantificados pelos aparelhos acima citados), além de carbono orgânico total e nitrogênio total por Total Carbon Analyzer (TOC).

▪ As análises físicas e químicas das rochas foram realizadas, conforme descrito no item 3, projeto 1.



- **Delineamento fatorial:** blocos casualizados com 19 tratamentos × 4 repetições × 2 solos (76 unidades experimentais por cultivo).

Os resultados demonstraram que todos os pós de rochas apresentaram potencial de liberação de nutrientes, sendo a olivina melilitito, isoladamente ou em mistura com silitito, a mais eficiente ao longo dos diferentes tempos de incubação. A associação com esterco intensificou a liberação de nutrientes. Apesar disso, o tratamento convencional apresentou superioridade contínua em relação aos remineralizadores, em especial nos TIs mais avançados.

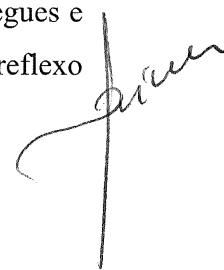
Todos os resultados obtidos nos diferentes projetos supracitados fizeram parte de artigos científicos já publicados em periódicos nacionais ou internacionais, como podem ser visualizados no currículo Lattes do candidato, que está em anexo no processo referente ao edital a qual esta declaração faz parte.

É importante destacar que, o tempo total de experiência comprovada: Mestrado: 2 anos e 2 meses Doutorado 4 anos e 2 meses; pós-doutorado 1: 6 meses; pós-doutorado 2: 1 ano e 3 meses e; pós-doutorado 3: 5 meses, levando-se em consideração as diferentes titulações é de 8 anos e 6 meses.

Por fim, destaco, que o Dr. Gabriel foi responsável direto, com minha supervisão e coordenação, por todas as etapas da condução dos experimentos ao longo desses ciclos formativos: desde o planejamento experimental, definição do delineamento, preparo e incubação dos solos, condução de culturas em casa de vegetação, até as coletas sucessivas, análises químicas detalhadas e o tratamento estatístico dos dados. Sua atuação nos Laboratórios de Gênese, Classificação e Mineralogia de Solos e nas estruturas experimentais do CAV/UDESC foi sempre pautada por zelo técnico, organização, responsabilidade com os materiais e profundo domínio das rotinas analíticas e dos protocolos experimentais.

Nos dois projetos de pós-doutorado conduzidos sob minha supervisão, destaco a condução de ensaios agrônômicos de longa duração com elevada complexidade, totalizando mais de 980 dias de incubação de solos, com coletas fracionadas e análises químicas e físico-químicas realizadas em diferentes tempos experimentais. O candidato, demonstrou habilidade singular na gestão de experimentos de grande porte, na sistematização de dados em larga escala e na interpretação integrada dos resultados.

A qualidade dos resultados obtidos, a consistência técnica dos relatórios entregues e a profundidade analítica com que conduz suas interpretações científicas são reflexo





UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA

LAGES · CAV
CENTRO DE CIÊNCIAS
AGROVETERINÁRIAS

direto de sua competência, comprometimento e visão crítica. Além disso, sua postura sempre colaborativa, proativa e ética o tornam um profissional de alto nível.

Reafirmo, portanto, que o desempenho do referido candidato, ao longo do mestrado, doutorado e pós-doutorados, foi exemplar e plenamente satisfatório, contribuindo significativamente para o avanço do conhecimento sobre solos tropicais, remineralizadores, manejo sustentável e nutrição vegetal. Trata-se de um pesquisador altamente qualificado e recomendável para qualquer atividade acadêmica, científica ou técnica de alta complexidade.

É o que me cabe atestar.

Prof. Dr. Jaime Antonio de Almeida
Departamento de Solos e Recursos Naturais
Universidade do Estado de Santa Catarina
Centro de Ciências Agroveterinárias

Lages, 24 de junho 2025



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - PPGA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV

Protocolo No.
(USO DO PPGAgrarias – CAV/UDESC)

Curso: Mestrado em Manejo do Solo

Linha de Pesquisa: **CARACTERIZAÇÃO, CONSERVAÇÃO E USO DOS RECURSOS NATURAIS**

Aluno:

GABRIEL OCTÁVIO DE MELLO CUNHA

Título do Projeto

FORMAS DE ALUMÍNIO EM SOLOS ÁCIDOS BRASILEIROS

Comitê de Orientação

Orientador: Dr. JAIME ANTÔNIO DE ALMEIDA

Co-orientador 1 (orientador substituto):): PAULO ROBERTO ERNANI

Co-orientador (2): MARI LÚCIA CAMPOS

Grande Área de Conhecimento: (nome da área)

Ciências Agrárias

Resumo do Projeto:

Em muitos solos ácidos brasileiros, os níveis de Al são excepcionalmente altos, mas em alguns casos não se manifestam efeitos fitotóxicos nas culturas. O Al existe no solo sob diferentes formas, incluído Al estrutural em aluminosilicatos e em hidróxidos e oxidróxidos (argilominerais, gibbsita e minerais primários), Al trocável (principalmente monômeros), Al complexado a compostos orgânicos e Al na forma de polímeros inorgânicos, livres ou associados às demais frações coloidais. O Al “trocável” é tradicionalmente quantificado no extrato da solução de KCl 1 mol L⁻¹, mas nem sempre o Al provém unicamente de formas trocáveis desse elemento. O presente trabalho objetivou investigar as formas de Al presentes em solos ácidos de várias regiões brasileiras, com distintas mineralogias, buscando elucidar se todo o Al do extrato de KCl 1 mol L⁻¹ corresponde às formas trocáveis do elemento. Para tanto, foram testados os seguintes extratores para Al: Método tradicional (KCl 1 mol L⁻¹), e variações desse método (curvas de titulação potenciométrica, método das extrações sucessivas e KCl 1 mol L⁻¹ tamponado a pH 5), KCl 0,1 mol L⁻¹, CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, oxalato de amônio (0,2 mol L⁻¹), pirofosfato de sódio 0,1 mol L⁻¹ e cloreto de cobre 0,5 mol L⁻¹. A quantificação do elemento foi feita por titulação, e, ou por espectrofotometria de absorção atômica, quando pertinente. Foram analisadas amostras de dois horizontes (A e B) de perfis de solo de cinco estados brasileiros: Acre, Bahia, Pernambuco, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Dois perfis adicionais de Santa Catarina, com níveis mais baixos de Al-KCl, foram incluídos para comparação. Os resultados demonstraram que o KCl 1 mol L⁻¹ extrai outras formas de alumínio além da trocável, superestimando seus valores, não sendo, portanto, um extrator indicado para a maioria dos solos analisados nesse estudo. A análise mineralógica revelou que na maioria dos solos com alto Al, esmectitas encontram-se em processo de destruição no clima

úmido atual, resultando em liberação de grandes quantidades de formas não trocáveis de Al, mas que são computadas como trocáveis pelo extrator tradicionalmente usado na determinação do Al. Formas amorfas do elemento também foram indicadas pelos altos conteúdos de Al extraídos com oxalato de amônio. Curvas de titulação potenciométrica indicaram que parcela considerável do Al no extrato de KCl provém de fontes não trocáveis. O emprego do extrator de KCl 0,1 mol L⁻¹ mostrou-se promissor para estimar o Al trocável do solo, por reduzir o efeito da hidrólise das formas não trocáveis do elemento nos solos estudados.

Palavras-chave:

- | | |
|---|-------------------------------|
| 1. Mineralogia da fração argila | 2. Alumínio trocável |
| 3. <u>Métodos de extração de alumínio</u> | 4. <u>Toxidez de Alumínio</u> |
| 5. <u>Solos ácidos</u> | |

O link para apreciação deste documento é:

http://www.cav.udesc.br/arquivos/id_submenu/832/dissertacao_mestrado_al_versao_final_formato_a5.pdf



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - PPGA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV

Protocolo No.
(USO DO PPGAgrarias – CAV/UDESC)

Curso:

DOUTORADO EM CIÊNCIA DO SOLO

Linha de Pesquisa:

DINÂMICA DE ELEMENTOS QUÍMICOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

Aluno:

GABRIEL OCTÁVIO DE MELLO CUNHA

Título do Projeto

**FORMAS DE ALUMÍNIO EM SOLOS COM ALTOS TEORES TROCÁVEIS E TOXIDEZ
NA SOJA E NO MILHO**

Comitê de Orientação

Orientador: Dr. JAIME ANTONIO DE ALMEIDA

Co-orientador 1 (orientador substituto): Dr. LUCIANO COLPO GATIBONI

Co-orientador (2): Dr. PAULO CÉSAR CASSOL

PROJETO DE PESQUISA

Grande Área de Conhecimento: (nome da área)

Ciências Agrárias

Resumo do Projeto: Escrever de maneira resumida os objetivos e a metodologia a ser utilizada (ATÉ 500 PALAVRAS)

Em muitos solos ácidos brasileiros o alumínio quantificado no extrato de KCl 1 molL⁻¹ (Al-KCl) pode exceder a 10 cmol_c kg⁻¹, mas em alguns casos as plantas não manifestam sintomas de toxidez por esse elemento. O estudo objetivou avaliar se as elevadas quantidades de Al-KCl existentes em solos ácidos de diferentes regiões brasileiras (AC, PE, RS e SC) com características físicas, químicas e mineralógicas distintas, estão relacionadas com a atividade do Al na solução do solo e com a manifestação de toxidez pelas plantas de soja e de milho cultivadas nesses solos. Além disso, quantificar por meio de extrações químicas sequenciais (ES) e não sequenciais (ENS), as possíveis formas de Al que contribuem para a superestimação do Al-KCl nesses solos. Para isso, foram implantados dois experimentos, em casa de vegetação, na Universidade do Estado de Santa Catarina, em Lages-SC, com amostras de horizontes subsuperficiais (B), todos muito ácidos e a maioria com teores de Al superiores a 4 cmol_c kg⁻¹. Os solos foram incubados durante 98 dias com doses de calcário equivalentes ao necessário para neutralizar 0; 0,25; 0,5 e 1,00 vez os teores de H+Al. Depois da incubação, foram adubados com N (ureia), P (superfosfato triplo) e K (cloreto de potássio) e cultivados com soja (maio-junho) e milho (outubro-novembro), em casa de vegetação, em vasos de 8 L com 5 kg de solo (base seca) cada, durante, respectivamente, 60 e 45 dias, no ano de 2015. As plantas foram coletadas para a determinação da matéria seca de folhas, caules, raízes e a total. No tecido vegetal (folhas, caules e raízes) foram determinados, separadamente, os teores de N, P, K, Ca, Mg e Al. Em seguida, foram calculados os índices: eficiência de absorção, transporte e de utilização, bem como o

acúmulo de nutrientes nos tecidos vegetais das plantas de soja e de milho. Os solos foram coletados após os dois cultivos em casa de vegetação para a determinação do pH em água, em CaCl_2 $0,01\text{mol L}^{-1}$ e em KCl 1mol L^{-1} , bem como do Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , P , Al^{3+} e do H^+Al e para a extração da solução. Na solução do solo, foram determinados o pH, a condutividade elétrica, a força iônica, a concentração de Ca^{2+} , Mg^{2+} , P , K^+ , Al^{3+} , dos ânions sulfato, cloreto, nitrato e fosfato e do carbono orgânico dissolvido para, posteriormente realizar a especiação química das diferentes espécies de Al presentes na solução do solo pelo programa Visual Minteq A2 versão 4.0. Nas mesmas amostras de solo, foram realizadas ES utilizando-se CaCl_2 $0,01\text{mol L}^{-1}$, KCl $0,1$ e 1mol L^{-1} e oxalato de amônio $0,02\text{mol L}^{-1}$ e ENS com os dois últimos extratores. Para a maioria dos solos fortemente lixiviados, ácidos e intemperizados, o KCl 1mol L^{-1} , foi eficaz na estimativa do Al “trocável” e do seu potencial efeito tóxico. Entretanto, para os solos ácidos com predomínio de esmectitas do Acre e Rosário do Sul, RS, ambos com elevados teores de Al-KCl, concomitantes com elevados teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis, não houve resposta à calagem e tampouco manifestação expressiva de toxidez nas plantas avaliadas. A espécie química Al^{3+} predominou em todos os solos, principalmente nos tratamentos sem aplicação de calcário. Entretanto, a atividade de Al^{3+} na solução dos solos diminuiu a valores considerados não tóxicos às plantas já na primeira dose de calcário ($0,25 \times \text{H}^+\text{Al}$). Os métodos da ES e ENS indicaram que a superestimação do Al-KCl ocorreu devido à dissolução, além das formas trocáveis, as não trocáveis, bem como das formas amorfas e de baixa cristalinidade desse elemento nos solos estudados.

Palavras-chave: Constantes no Título e/ou Resumo

- | | |
|-----------------------------------|------------------------|
| 1. Alumínio trocável | 2. Solos ácidos |
| 3. Especiação química do alumínio | 4. Toxidez de alumínio |
| 5. Nutrição de plantas | |

O link para apreciação deste documento é:

https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/1477/Tese_Gabriel_Oct_vio_de_Mello_Cunha_15694156780568_1477.pdf

**FUNDAÇÃO INSTITUTO DE APOIO AO ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS*
FIEPE - CAV**

RELATÓRIO DE PESQUISA

**ENSAIO DE EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DA ROCHA OLIVINA MELILITITO
COMO REMINERALIZADOR DE SOLOS PARA USO NA AGRICULTURA**

*** Fundação credenciada pela Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC**

LAGES, 2018

RESUMO

O presente ensaio agronômico foi conduzido nas dependências do Centro de Ciências Agroveterinárias da UDESC, com sede em Lages, por meio de sua instituição parceira FUNDAÇÃO INSTITUTO DE APOIO AO ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DO CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS - FIEPE – CAV, a pedido da Empresa DINAMISA MINERAÇÃO S.A., visando testar a eficácia de um pó de rocha denominado Olivina Melilitito na melhoria das propriedades químicas de dois solos e no desenvolvimento de duas culturas, conduzidas em Casa de Vegetação. Com base em análises físicas, químicas e mineralógicas detalhadas do produto, buscou-se ainda verificar se o mesmo atendia a todos os requisitos da legislação para seu enquadramento como um Remineralizador de Solos, para atender os interesses da empresa no registro do produto nesta categoria de insumo junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Para tanto, o produto foi testado em duas naturezas físicas (granulometrias), na forma de PÓ e FILLER, num Cambissolo Húmico e num Argissolo Vermelho do Estado de Santa Catarina, utilizando-se, em cada solo, duas plantas teste, o sorgo e a soja. Utilizou-se para comparação um tratamento testemunha (solo natural) e um tratamento adicional, onde cada solo sofreu calagem e adubação convencional com adubos NPK, com dosagem equivalente a três vezes a recomendação normal do NPK das culturas. Todas as análises químicas e a avaliação das plantas foram feitas com quatro repetições. Com base nos resultados deste ensaio, concluiu-se que a rocha ultrabásica olivina melilitito testada, tanto na forma de produto denominado “pó”, como “filler”, atendeu todos os requisitos para seu enquadramento como um RMS.

Palavras-chave: pó; filler, fertilidade solos, produtividade de plantas

**FUNDAÇÃO INSTITUTO DE APOIO AO ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS*
FIEPE - CAV**

RELATÓRIO DE PESQUISA

**ENSAIO DA EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DAS ROCHAS TEFRITO, SILTITO,
OLIVINA MELILITITO E A MISTURA DAS ROCHAS OLIVINA MELILITITO E
SILTITO COMO REMINERALIZADORES DE SOLOS PARA USO NA
AGRICULTURA**

RESUMO

O presente ensaio agronômico foi conduzido nas dependências do Centro de Ciências Agroveterinárias da UDESC, com sede em Lages, por meio de sua instituição parceira Fundação Instituto de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão do Centro de Ciências Agroveterinárias - FIEPE – CAV, a pedido da empresa Dinamisa Mineração S.A., visando testar a eficácia dos pós das rochas siltito, tefrito, olivina melilitito e siltito + olivina melilitito, puros ou combinados, e associados ou não com esterco bovino na melhoria das propriedades químicas de dois solos e no desenvolvimento de duas culturas (soja e cevada) cultivadas em sucessão, conduzidas em casa de vegetação, no ano de 2019. Com base em análises físicas, químicas e mineralógicas detalhadas do produto, buscou-se ainda verificar se os mesmos atendiam os requisitos da legislação para enquadramento como remineralizadores de solos, tendo em vista o interesse da empresa no registro de produtos nesta categoria de insumo junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Para tanto, os produtos foram testados na granulometria filler, num Cambissolo Háplico e num Nitossolo Bruno coletados no município de Lages, Santa Catarina. Os tratamentos consistiram na aplicação, nos dois solos, de três doses dos pós puros das rochas siltito e tefrito, e combinadas com esterco bovino, dos pós puros das rochas olivina melilitito e siltito + olivina melilitito, siltito + olivina melilitito com esterco bovino e; esterco bovino puro. Além desses tratamentos, adicionou-se ao experimento um controle para cada solo, ou seja, em condição natural, sem aplicação de calcário e fertilizantes solúveis e pós de rocha e um com calcário mais fertilizantes solúveis (soja: P e K e; cevada: N, P e K). Para avaliar a eficiência agrônômica dos pós de rocha supramencionados, foram conduzidos dois experimentos com as culturas da soja e da cevada, cultivadas em sucessão. Com o término da condução dos experimentos, as plantas e os solos foram coletados para a realização das análises químicas. Todas as análises foram feitas com quatro repetições. Com base nos resultados obtidos após as análises físicas, químicas elementares, mineralógicas, petrográficas de solo, análises químicas dos solos e da produtividade das plantas, concluiu-se que a rocha olivina melilitito pura ou combinada com siltito teve o maior potencial agrônômico quando comparada com os demais pós, podendo ser, portanto, admitida como RMS. O tefrito, embora tenha tido pouca resposta agrônômica nos solos e nas culturas avaliados, também atende os requisitos para RMS. O siltito se enquadrou na maioria dos quesitos estabelecidos pela IN5, exceto para o teor de sílica livre, portanto, é provável que ela não atenda aos requisitos para enquadramento como RMS, embora devido aos seus mais elevados teores de enxofre e K_2O dos que as demais rochas, possa ser utilizado em misturas com outros pós de rocha.

Palavras-chave: Siltito, Tefrito, Olivina Melilitito, Siltito + Olivina Melilitito, esterco bovino, soja, cevada

**FUNDAÇÃO INSTITUTO DE APOIO AO ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS*
FIEPE - CAV**

RELATÓRIO DE PESQUISA

**AVALIAÇÃO DA DINÂMICA DE LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES PELOS PÓS DAS
ROCHAS SILTITO, TEFRITO, OLIVINA MELILITITO E SILTITO + OLIVINA
MELILITITO APÓS DIFERENTES TEMPOS DE INCUBAÇÃO.**

*** Fundação credenciada pela Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC
LAGES, 2021**

RESUMO

Os benefícios que os pós de rocha, puros ou combinados, associados ou não com uma fonte orgânica proporcionam aos solos e às plantas já é conhecido. Porém, poucos estudos avaliam a dinâmica de liberação de nutrientes tanto para o solo como para a solução do solo ao longo do tempo, ou seja, em diferentes tempos de incubação. Nesse sentido, este projeto tem como objetivo quantificar os teores de nutrientes nas fases sólida e líquida (solução do solo) de um Cambissolo e de um Nitossolo após os segundos cultivos de soja e cevada realizados no período de condução do projeto pós-doutoral (2019-2021) intitulado: Ensaio da eficiência agrônômica dos pós das rochas silito, tefrito, silito, olivina melilito e silito + olivina melilito, puros ou combinados, associados ou não com esterco. Para isso, as amostras de solo que constituem as amostras do quarto e quinto tempos de incubação (após o segundo cultivo de soja) serão pesadas para determinação dos teores trocáveis de cálcio, magnésio, fósforo, potássio, sódio e na solução dos teores dos cátions dissolvidos na mesma. Nas amostras que perfazem o sexto tempo de incubação (após a coleta do segundo cultivo da cevada), serão secas em estufa de circulação forçada a 65 °C, moídas e peneiradas em malha de 2 mm. Posteriormente, serão pesadas para a determinação dos teores trocáveis e da concentração dos nutrientes na solução dos solos, além do pH em água e na solução dos solos e condutividade elétrica em solução. Espera-se que, após a obtenção desses resultados, possibilite o entendimento da dinâmica de liberação dos nutrientes presentes na composição química dessas rochas tanto para o solo como para a solução dos solos acima relatados, ao longo do tempo. Espera-se que este estudo contribua para o entendimento da dinâmica de liberação dos nutrientes pelos pós de rocha ao longo de diferentes tempos de incubação.

Palavras-chave: pós de rocha; tempos de incubação; liberação de nutrientes

DECLARAÇÃO ESCRITA

E

NOTA FISCAL

ARQUIVOS ABAIXO

DECLARAÇÃO TEMPO DE EXPERIÊNCIA PROFISSIONAL OBRIGATÓRIO

Eu, Jaime Antonio de Almeida, Professor Doutor em Ciência do Solo, titular da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC/CAV), declaro, para os devidos fins, que o Dr. Gabriel Octávio de Mello Cunha atuou ativamente no auxílio, coordenação e execução das seguintes atividades técnico-científicas no âmbito do projeto do doutorando Gilmar Gabriel de Souza no período de 03/09/2024 a 19/12/2024. Total de 108 dias.

As atividades realizadas foram:

Análises de Solo: Total de 72 amostras processadas, oriundas de 4 (quatro) coletas dos experimentos conduzidos com a soja-aveia-milho-milho (2021 a 2023). Em cada amostra, foram determinados os seguintes atributos químicos: cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), fósforo (P), potássio (K), sódio (Na^{+}), alumínio (Al^{3+}), acidez potencial (H^{+}Al). Com a obtenção desses resultados, foram calculados os demais parâmetros referentes ao solo testado obtido em cada coleta. Considerando todas as amostras (288) e o número de elementos químicos determinados, foram realizadas 2016 leituras (esse total se refere às análises citadas no último parágrafo desta declaração..

Análises de Grãos de Soja: Total de 288 amostras de grãos de soja analisadas;

Atividades realizadas: peneiramento, preparo das amostras e análises químicas dos teores Ca^{2+} , Mg^{2+} , P, K, ferro (Fe), cobre (Cu) e zinco (Zn). Considerando todas as amostras (288) e o número de elementos químicos determinados, foram realizadas 2016 leituras.

Para as análises supracitadas, foram preparadas curvas, exceto para o Al^{3+} e para o H^{+}Al (determinados por titulação com NaOH $0,02 \text{ mol L}^{-1}$), para a calibragem dos aparelhos: espectrofotômetro de absorção atômica - Analyst 200- para a determinação dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , de P para o espectrofotômetro de absorção molecular (Shimadzu 1800 UV-VIS) e de K para o fotômetro de chama.

Declaro, ainda, que as atividades acima encontram-se devidamente comprovadas por documentação fiscal correspondente (nota fiscal), a qual segue anexa a esta declaração.

No entanto, declaro que o referido candidato também realizou outras análises além das determinadas na referida nota fiscal tais como, no solo, pH em água e em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, Fe, Cu e Zn.

É o que me cabe atestar.





UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA

LAGES · CAV
CENTRO DE CIÊNCIAS
AGROVETERINÁRIAS

Jaime Antônio de Almeida

Prof. Dr. Jaime Antônio de Almeida
Departamento de Solos e Recursos Naturais
Universidade do Estado de Santa Catarina
Centro de Ciências Agroveterinárias

Lages, 24 Junho 2025



SECRETARIA MUNICIPAL DE FINANÇAS
DIRETORIA DE TRIBUTOS E FISCALIZAÇÃO
GERÊNCIA DE FISCALIZAÇÃO
PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE LAGES - CNPJ 82.777.301/0001-90

Nº: 2153563/S1
Data de Emissão: 24/09/2024
1ª via

NOTA FISCAL DE SERVIÇOS AVULSA

Prestador do Serviço - CONTRIBUINTE

Nome / Razão Social: 702282 - GABRIEL OCTAVIO DE MELLO CUNHA
Endereço: Rua PEDRO ÁLVARES CABRAL, 221 - CORAL
Município: Lages (SC) CNPJ/CPF: 001.366.931-13

Tomador do Serviço - CLIENTE DO CONTRIBUINTE

Nome / Razão Social: 23212-JAIME ANTONIO DE ALMEIDA - TERMO DE OUTORGA Nº 2017TR772
Endereço: LUIZ DE CAMÕES, 2090 - CONTA DINHEIRO - 88500000
Município: Lages CNPJ/CPF: 137.465.700-00

Código	Quant.	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	Aliq %	Preço Unitário R\$	Valor R\$
7.16	1	REF. SERVIÇO PRESTADO DE ORIENTAÇÃO E ANÁLISE DE CÁLCIO, MAGNÉSIO, FÓSFORO, POTÁSSIO, ALUMÍNIO, H+AJ, EM 288 AMOSTRAS DE SOLO E PRESTAÇÃO DE SERVIÇO DE ORIENTAÇÃO E ANÁLISE DE TECIDO VEGETAL EM 288 AMOSTRAS.	2,00	8.000,00	8.000,00

Jaime

		Valor Total da Nota	R\$: 8.000,00
ISQN Compensado.....R\$	0,00	Base de cálculo do IRRF.....R\$	8.000,00
Valor do ISQN	R\$ 160,00	Alíquota I.R. Retido na fonte	27,50
Valor do INSS	R\$ 0,00	Valor deduzido I.R. Retido na fonte..... R\$	2.200,00
		Valor I.R. Retido na fonte.....R\$	0,00

O USUÁRIO DOS SERVIÇOS DEVE TAMBÉM OBSERVAR SUAS OBRIGAÇÕES COM A PREVIDÊNCIA SOCIAL.

ATESTADO

Atestamos para fins de comprovação que, a partir de 01/08/2023 até a presente data, **Gabriel Octávio de Mello Cunha**, RG nº 5939307 – SSP/SC, CPF nº 001.366.931-13, Engenheiro Agrônomo, doutor em Ciência do Solo, realizou atividades como Bolsista de Desenvolvimento Científico Regional – SET-E (pesquisador mestre - Edital de Chamada Pública FAPESC Nº 03/2023), no **Laboratório de Análise do Solo (Rotina) do Centro de Ciências Agroveterinárias - CAV/UDESC**. As atividades foram cumpridas com carga horária de 30 h (trinta horas) semanais e compreenderam: preparo de soluções de reagentes químicos e padrões de calibração, realização de análises químicas do solo, com a determinação dos valores do pH em água e solução tamponada (SMP) e dos teores de argila, matéria orgânica, fósforo, potássio, alumínio, cálcio, magnésio, manganês, cobre, ferro, manganês e zinco; análises de calcários, com determinação da eficiência relativa (ER), poder de neutralização (PN), umidade e PRNT; emissão de laudos técnicos que embasam a prática de adubação e calagem em cultivos agrícolas e as conclusões de projetos de pesquisa em sistemas agrossilvipastoris e recuperação de áreas degradadas; controle de qualidade das análises realizadas; suporte na gestão de convênios com municípios, com a Fundação de apoio e com a UDESC; suporte na gestão administrativa do Laboratório, como na coordenação da equipe, seleção de estagiários, compras de consumíveis e na operação e manutenção de equipamentos.

Registra-se que o bolsista sempre exerceu suas atividades com profissionalismo e elevados comprometimento, responsabilidade, assiduidade, pontualidade e respeito, contribuindo sobremaneira para o bom funcionamento do Laboratório e para a qualidade dos resultados gerados.

É o que nos cumpre atestar

Lages, 20 de junho de 2025

MARI LÚCIA CAMPOS

Profa. UDESC/CAV, matrícula: 3310884-03
Supervisora / Coordenadora do Laboratório no
período março de 2023 a janeiro de 2024.

PAULO CEZAR CASSOL

Prof. Matrícula Nº 237878-7-01
Supervisor / Coordenador do Laboratório a
partir de fevereiro de 2024.



Assinaturas do documento



Código para verificação: **NFY20R72**

Este documento foi assinado digitalmente pelos seguintes signatários nas datas indicadas:



PAULO CEZAR CASSOL (CPF: 250.XXX.260-XX) em 19/06/2025 às 17:28:30

Emitido por: "SGP-e", emitido em 30/03/2018 - 12:39:49 e válido até 30/03/2118 - 12:39:49.

(Assinatura do sistema)



MARI LUCIA CAMPOS (CPF: 933.XXX.699-XX) em 26/06/2025 às 17:04:30

Emitido por: "SGP-e", emitido em 30/03/2018 - 12:39:07 e válido até 30/03/2118 - 12:39:07.

(Assinatura do sistema)

Para verificar a autenticidade desta cópia, acesse o link <https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo/conferencia-documento/VURFU0NfMTlwMjJfMDAwMjlxMzNfMjlxNDBfMjAyNV9ORlkyMFI3Mg==> ou o site

<https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo> e informe o processo **UDESC 00022133/2025** e o código **NFY20R72** ou aponte a câmera para o QR Code presente nesta página para realizar a conferência.

DECLARAÇÃO FAPESC

RELATÓRIOS SEMESTRAIS

PRIMEIRA VERSÃO ARTIGO CIENTÍFICO (REFERENTE AO PLANO DE TRABALHO DO CANDIDATO – PRORROGAÇÃO DA BOLSA)

EDITAL CHAMADA PÚBLICA FAPESC

Nº03/2023

Observação: Nas últimas páginas deste documento, seguem anexados, exclusivamente, o plano de trabalho (último período da bolsa) e a primeira versão do artigo científico (assinado pela supervisora do candidato, a professora Mari Lúcia Campos) correspondente. O relatório final não será enviado, pois a vigência do contrato do referido edital vai até 31/07/2025. Todos vinculados à declaração da referida professora.

DECLARAÇÃO

Declaramos que **Gabriel Octávio de Mello Cunha**, cadastrado(a) no CPF nº **001.366.931-13**, é bolsista vinculado(a) ao Edital de Chamada Pública FAPESC nº 03/2023 – Programa De Fomento À pesquisa E Inovação Em Áreas Estratégicas Para Atender A Demanda Da Sociedade Catarinense Pela Universidade Do Estado De Santa Catarina -UDESC e recebe bolsa SET-E no valor de R\$ 4.200,00/mês (quatro mil e duzentos reais) pelo período de 01/08/2023 a 31/03/2025, com encerramento da vigência previsto para 31/07/2025.

Florianópolis, data da assinatura digital.

Virginia Silva Machado
Gerente de Eventos em CTI
(assinado digitalmente)



Assinaturas do documento



Código para verificação: **G409D3KX**

Este documento foi assinado digitalmente pelos seguintes signatários nas datas indicadas:



VIRGINIA SILVA MACHADO (CPF: 097.XXX.229-XX) em 19/03/2025 às 16:34:33

Emitido por: "SGP-e", emitido em 19/02/2021 - 18:08:36 e válido até 19/02/2121 - 18:08:36.

(Assinatura do sistema)

Para verificar a autenticidade desta cópia, acesse o link <https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo/conferencia-documento/RkFQRVNDXzQzMDVfMDAwMDIwNjVfMjA2OV8yMDIzX0c0MDIEM0tY> ou o site

<https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo> e informe o processo **FAPESC 00002065/2023** e o código **G409D3KX** ou aponte a câmera para o QR Code presente nesta página para realizar a conferência.

RELATÓRIO TÉCNICO DE BOLSISTA

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 03/2023 – PROGRAMA DE FOMENTO À PESQUISA E INOVAÇÃO EM ÁREAS ESTRATÉGICAS PARA ATENDER A DEMANDA DA SOCIEDADE CATARINENSE PELA UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC

Tipo de Relatório: (X) PARCIAL () FINAL

Período do Relatório Técnico: 01/08/2023 a 31 /01/2024

1 – Dados pessoais

Nome: Gabriel Octávio de Mello Cunha
E-mail: gabriel.cunha4@gmail.com
Telefone: (49) 9 98205999
Título do Projeto: Análise química de solos e Calcário

2 – Resumo da proposta inicial do Projeto

Os resultados obtidos pelo Laboratório Análise de Solos e Calcário (Rotina) compõem laudos técnicos que garantem a qualidade do manejo da adubação e calagem de áreas agrícolas localizadas na região do Planalto Serrano. As análises prestadas pelo laboratório são utilizadas não só no que tange o manejo do solo agrícola, mas também auxiliam gestão ambiental (uso eficiente e adequado dos adubos) e econômica das propriedades rurais (custo dos insumos). As análises, realizadas pelo laboratório, atendem demandas dos produtores rurais, de projetos de pesquisa e extensão.

3 – Resumo do Projeto no momento da apresentação deste relatório

Durante o período de vigência da bolsa foram realizadas análises químicas de solos e alguns ajustes (realizados com a concordância e orientação da Professora e Coordenadora Mari Lúcia Campos) na rotina do Laboratório de Análise do Solo (LAS), localizado na UDESC/CAV). Além disso, o bolsista organizou a documentação necessária para o credenciamento do Laboratório junto à Instituição supracitada.

No referido Laboratório são feitas análises químicas de solos (“básica” ou “completa”) tanto para projetos de pesquisa da instituição supramencionada como para a comunidade externa. Nos parágrafos subsequentes, serão apresentadas, brevemente, as atividades nele realizadas.

As amostras de solos, após o recebimento, são cadastradas no aplicativo “Projeto Solos” (APS). Em seguida, realiza-se o processamento delas antes de serem analisadas quimicamente, que são secagem em estufa de circulação forçada a 60 °C, moagem e peneiramento (malha de 2 mm).

Nas análises outrora definidas como “básica” são determinados os pH's em água e SMP e os teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, alumínio, H+Al, argila e matéria orgânica e, como “completa”, sendo nesta avaliados, além dos acima relacionados, os elementos ferro, cobre, zinco e manganês. Também realiza-se análises de calcário (umidade, eficiência relativa, poder de neutralização e PRNT). A metodologia utilizada desde o processamento das amostras até as análises químicas é a preconizada pela Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (ROLAS).

No que concerne essas análises, são gerados laudos no APS (formato PDF) contendo os resultados das análises químicas com adição dos cálculos de saturação de bases e de alumínio, as CTC's a pH 7,0 e efetiva e as relações Ca/Mg, (Ca+Mg)/K e K/(Ca+Mg)^{1/2}. Ademais, é importante salientar que àqueles referentes ao calcário os laudos são gerados somente em planilhas no formato Word com a identificação do contratante e com os resultados das análises supracitadas.

Os ajustes realizados foram desde a inserção de mais dados dos clientes tais como e-mail e telefone, confecção de planilhas para o melhor controle até a substituição de equipamento para a determinação de argila nas amostras de solo. Maiores detalhes dos dois últimos serão apresentados no item subsequente.

Os documentos organizados para o credenciamento do laboratório foram constituídos de: “comunicação interna, justificativa de prestação de serviços e orçamentos dos reagentes químicos utilizados na rotina diária do laboratório, emitidos pelas empresas responsáveis pela venda dos mesmos”. Além desses documentos, também foi enviada uma tabela para atualização dos preços das análises químicas descritas acima. O processo foi enviado pela coordenadora do laboratório em novembro de 2023 no Sistema de Gestão de Processos Eletrônicos (SGPE).

Considerando o exposto, os objetivos do trabalho do bolsista foram relacionados com às análises químicas de solos, à confecção de laudos técnicos e à organização dos documentos para o credenciamento do LAS.

4 – Resultados alcançados pelo Projeto no período deste relatório de acordo com o cronograma apresentado no Plano de Trabalho do bolsista

Em relação aos ajustes, o bolsista em conjunto com sua orientadora e com a equipe do laboratório substituiu o sistema (de canos) de análise de argila do solo para um mais novo e dentro das normas preconizadas pela Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (ROLAS), com o intuito de se adequar às regras e para aumentar a confiabilidade dos resultados referentes à textura dos solos.

As planilhas foram criadas em formato Excel e salvas na nuvem do e-mail do laboratório. Nelas constam os nomes dos clientes, telefones, e-mails, pagamento dos serviços prestados e a entrega ou não dos laudos. Elas foram criadas para o melhor acompanhamento tanto das atividades como agilizar o processo de atendimento e entrega dos resultados aos clientes.

O processo de credenciamento está em tramitação no SGPE, mas já foi apreciado pela maioria das instâncias da UDESC.

5 – Produção gerada pelo projeto, com a participação do bolsista (Entregáveis) do Plano de Trabalho do bolsista (Breve descrição das Atividades complementares,

produção técnica e artística/cultural, eventos científicos, publicações, tecnologias desenvolvidas, produção passível de Propriedade Intelectual)

Em relação aos “entregáveis do plano de trabalho do bolsista”, foram confeccionados laudos técnicos de acordo com as análises (básica e completa) e enviados por e-mail para seus respectivos solicitantes.

6 – Conclusões (parciais ou finais) do projeto:

As análises químicas solicitadas por todos os clientes no período de vigência da bolsa foram realizadas.

Todos os laudos foram confeccionados e enviados para os clientes.

O processo de credenciamento do LAS ainda está em tramitação na UDESC.

7 – Sugestão de continuação do projeto ou nova etapa:

As etapas relacionadas à rotina do LAS continuarão as mesmas descritas no item 3 deste relatório.

Após o credenciamento do LAS, será verificado a possibilidade de aquisição de materiais de consumo ou permanentes junto à FIEPE, com o intuito de facilitar a obtenção deles e o trabalho da equipe do laboratório.

8 – Desempenho do bolsista*: (Comentar sobre o desempenho do bolsista no decorrer do projeto)

O bolsista, Dr. Gabriel Octávio de Mello Cunha, é assíduo, pontual, responsável e proativo, ou seja, apresentando excelente desempenho.

*** A ser preenchido pelo Coordenador ou Supervisor**

Documento assinado digitalmente
 **GABRIEL OCTAVIO DE MELLO CUNHA**
Data: 07/02/2024 15:29:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

ta

Documento assinado digitalmente
 **MARI LUCIA CAMPOS**
Data: 07/02/2024 15:09:28-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Nome e assinatura Coordenador

Nome e assinatura do Supervisor

Cidade, Lages, 07/02/2024

RELATÓRIO TÉCNICO DE BOLSISTA

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 03/2023 – PROGRAMA DE FOMENTO À PESQUISA E INOVAÇÃO EM ÁREAS ESTRATÉGICAS PARA ATENDER A DEMANDA DA SOCIEDADE CATARINENSE PELA UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC

Tipo de Relatório: () PARCIAL (X) FINAL

Período do Relatório Técnico: 01/02/2024 a 31/07/2024

1 – Dados pessoais

Nome: Gabriel Octávio de Mello Cunha
E-mail: gabriel.cunha4@gmail.com
Telefone: (49) 9 98205999
Título do Projeto: Análise química de solos e Calcário

2 – Resumo da proposta inicial do Projeto

Realizar a análise de solo, com qualidade, gerando ferramenta de diagnóstico da qualidade química dos solos que embasará as recomendações de adubação e calagem dos diferentes solos do Planalto Serrano e de outras regiões de Santa Catarina.

3 – Resumo do Projeto no momento da apresentação deste relatório

Os resultados obtidos pelo Laboratório Análise de Solos e Calcário (Rotina) compõem laudos técnicos que garantem a qualidade do manejo da adubação e calagem de áreas agrícolas localizadas na região do Planalto Serrano. As análises prestadas pelo laboratório são utilizadas não só no que tange o manejo do solo agrícola, mas também auxiliam gestão ambiental (uso eficiente e adequado dos adubos) e econômica das propriedades rurais (custo dos insumos).

As análises, realizadas pelo laboratório, atendem demandas dos produtores rurais, de projetos de pesquisa e extensão.

4 – Resultados alcançados pelo Projeto no período deste relatório de acordo com o cronograma apresentado no Plano de Trabalho do bolsista

O bolsista durante o período de vigência da bolsa, de 01/08/2023 até a presente data (08/08/2024), alcançou os resultados abaixo descritos (em ordem cronológica), a saber:

1- Substituição do sistema (de canos) de análise de argila do solo para um mais novo e dentro das normas preconizadas pela Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de

Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (ROLAS), com o intuito de se adequar às regras e para aumentar a confiabilidade dos resultados referentes à textura dos solos em conjunto com sua coordenadora, a Professora Doutora Mari Lúcia Campos, e com a equipe do Laboratório de Análise do Solo (LAS) da UDESC/CAV;

2- Planilhas, em formato Excel, foram criadas e salvas na nuvem do e-mail do LAS. Nelas constam os nomes dos clientes, telefones, e-mails, pagamento dos serviços prestados e a entrega ou não dos laudos. Elas foram criadas para o melhor acompanhamento tanto das atividades como agilizar o processo de atendimento e entrega dos resultados aos clientes;

3- Organização dos documentos referentes ao processo de credenciamento do LAS. Posteriormente, foram anexados no SGPE pela Professora Doutora Mari Lúcia Campos. O referido processo já passou em todas as instâncias da UDESC e obteve aprovação nas reuniões do (a): 1) Colegiado do Departamento de Solos e Recursos Naturais, 2) Departamento de Solos e Recursos Naturais; 3) Coordenadoria de Projetos e Inovação;

4- Seleção e escolha de novos estagiários, que já estão atuando desde fevereiro de 2024 no LAS;

5- Auxílio na coordenação das atividades do LAS no que tange às análises e à equipe, junto com o atual coordenador, o Professor Doutor Paulo Cezar Cassol.

5 – Produção gerada pelo projeto, com a participação do bolsista (Entregáveis) do Plano de Trabalho do bolsista (Breve descrição das Atividades complementares, produção técnica e artística/cultural, eventos científicos, publicações, tecnologias desenvolvidas, produção passível de Propriedade Intelectual)

Foram confeccionados laudos técnicos de acordo com as análises (“básica e completa”) solicitadas pelo público externo e posteriormente enviados para os seus respectivos endereços eletrônicos. Os resultados abaixo descritos foram obtidos de 21/08/2023 até 05/08/2024

Número de Laudos Gerados: 277

Número de Amostras Básicas: 253

Número de Amostras Completas: 424

Número de Amostras e Laudos referente às análises de calcário: 7

É importante salientar que o número inferior de laudos em relação às amostras analisadas está relacionado com a quantidade de amostras que cada cliente cadastra no sistema do LAS. Por exemplo, se são adicionadas no aplicativo “Projeto Solos” cinco amostras por um único solicitante, o referido aplicativo organiza o laudo somente em uma ou mais laudas em um mesmo arquivo, ajustando todos os resultados.

Na data em que foi confeccionado este relatório, 08/08/2024, foram cadastradas 26 amostras, das quais 4 são para análises básicas e 22 para completas.

Como o bolsista atua em um laboratório de rotina e os dados obtidos após as análises são de propriedade dos clientes, não foi gerado nenhum tipo de produção científica.

6 – Conclusões (parciais ou finais) do projeto:

As análises químicas solicitadas por todos os clientes no período de vigência da bolsa

foram realizadas.

Todos os laudos foram confeccionados e enviados para os clientes.

O processo de credenciamento do LAS tramitou e foi aprovado em todas as instâncias da UDESC.

7 – Sugestão de continuação do projeto ou nova etapa:

No que tange às análises químicas, as etapas relacionadas à rotina do LAS continuarão as mesmas descritas no item 3 deste relatório.

Credenciamento do LAS junto à Fundação Instituto de Apoio ao Ensino Pesquisa e Extensão (FIEPE), com o intuito de facilitar o uso das verbas geradas com as análises realizadas.

8 – Desempenho do bolsista*: (Comentar sobre o desempenho do bolsista no decorrer do projeto)

O bolsista Dr. Gabriel Octávio de Mello Cunha é excelente profissional, assíduo, pontual, respeitoso e compromissado.

O trabalho do bolsista foi essência para o bom funcionamento do LAS e na qualidade das análises.

*** A ser preenchido pelo Coordenador ou Supervisor**



Documento assinado digitalmente
GABRIEL OCTAVIO DE MELLO CUNHA
Data: 09/08/2024 14:57:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Nome e assinatura do Bolsista

Nome e assinatura Coordenador



Documento assinado digitalmente
MARI LUCIA CAMPOS
Data: 09/08/2024 14:31:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Nome e assinatura do Supervisor

Lages, 08/ 08/ 2024

RELATÓRIO TÉCNICO DE BOLSISTA

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 03/2023 – PROGRAMA DE FOMENTO À PESQUISA E INOVAÇÃO EM ÁREAS ESTRATÉGICAS PARA ATENDER A DEMANDA DA SOCIEDADE CATARINENSE PELA UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC

Tipo de Relatório: (☒) PARCIAL (☐) FINAL
Período do Relatório Técnico: 01/08/2024 a 06/02/2025

1 – Dados pessoais

Nome: Gabriel Octávio de Mello Cunha
E-mail: gabriel.cunha4@gmail.com
Telefone: (49) 9 98205999
Título do Projeto: Análise química de solos e calcário

2 – Resumo da proposta inicial do Projeto

Realizar a análise de solo, com qualidade, gerando ferramenta de diagnóstico da qualidade química dos solos que embasará as recomendações de adubação e calagem dos diferentes solos do Planalto Serrano e de outras regiões de Santa Catarina.

3 – Resumo do Projeto no momento da apresentação deste relatório

O bolsista, além das atividades diárias no Laboratório de Análise do Solo (LAS), lotado no Departamento de Solos e Recursos Naturais da Universidade do Estado de Santa Catarina, realizou análises químicas para obtenção dos teores de matéria orgânica em amostras de solos de 44 perfis coletados em regiões distintas, com o intuito de testar e adaptar método de determinação de Carbono orgânico para atender ao estabelecidos pela ROLAS - Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina - adaptando ferramenta de diagnóstico da qualidade química dos solos que embasará as recomendações de adubação e calagem dos diferentes solos do Planalto Serrano e de outras regiões de Santa Catarina.

4 – Resultados alcançados pelo Projeto no período deste relatório de acordo com o cronograma apresentado no Plano de Trabalho do bolsista

Como citado no item anterior, foram realizadas análises químicas para a determinação de carbono orgânico (CO) em amostras de 44 perfis de solos coletadas em diversas regiões. Os resultados foram obtidos após a extração da CO com a utilização de dicromato de potássio por colorimetria. Os resultados das referidas análises encontram-se na tabela 1. Além deles, com o intuito de comparar os valores, também foram adicionados os obtidos pelo TOC.

Tabela 1 - Comparação teores de CO extraídos com dicromato de K e pelo TOC

AMOSTRA/PERFIL	CARBONO ORGÂNICA (CO)	
	DICROMATO K	TOC
	g kg ⁻¹	

P1	17,71	40,35
P2	34,81	48,85
P3	110,29	62,05
P4	28,87	29,05
P5	69,29	35,35
P6	13,99	21,8
P7	12,16	23,95
P8	-	28,55
P9	12,61	35,9
P10	42,45	28,7
P11	10,33	9,05
P12	33,97	32,75
P13	9,88	10,75
P14	40,49	33,85
P15	105,67	44,55
P16	70,45	27,9
P17	23,77	21,15
P18	24,41	19,3
P19	44,46	32,3
P20	32,59	21,1
P21	29,80	25,6
P22	-	23,9
P23	-	26,85
P24	18,69	23,85
P25	22,55	18,75
P26	169,0	127,5
P27	41,5	36,65
P28	175,1	27,45
P29	26,8	18,9
P30	19,2	19,6
P31	26,3	22,35
P32	32,4	26,55
P33	35,4	28,1
P34	27,3	26,5
P35	37,5	26,35
P36	30,2	30,5
P37	24,0	28,35
P38	37,4	28,95
P39	38,8	30,75
P40	24,5	20,5
P41	144,2	119
P42	212,6	249
P43	164,7	212,5
P44	30,3	53,05

P45	-	29,8
P46	25,4	32,8
P47	26,4	52
P48	-	26,8
P49	37,9	52,95
P50	-	32,15

- Não analisadas por falta de amostra

Em uma análise geral dos dados, sem estatística, verifica-se que os resultados nos dois métodos utilizados para a obtenção de CO ora ficaram mais elevados após extração com dicromato de potássio, ora no TOC. Sumariamente, esses resultados podem estar relacionados com as particularidades inerentes a cada solo e dos métodos de extração e quantificação da MO.

5 – Produção gerada pelo projeto, com a participação do bolsista (Entregáveis) do Plano de Trabalho do bolsista (Breve descrição das Atividades complementares, produção técnica e artística/cultural, eventos científicos, publicações, tecnologias desenvolvidas, produção passível de Propriedade Intelectual)

Além das análises e dos resultados apresentados no item anterior, o bolsista desempenhou as atividades abaixo elencadas, a saber:

- 1) Foram confeccionados laudos técnicos de acordo com as análises químicas de solos (“básicas” e “completas”) solicitadas tanto pelo público interno da instituição como para o público externo;
- 2) Cadastramento do LAS junto à Fundação Instituto de Apoio ao Ensino Pesquisa e Extensão (FIEPE). Esse cadastro, ajudará tanto no sistema de cobrança pelos serviços prestados como para o controle e uso dos recursos financeiros gerados para, futuramente, serem utilizados para compra de materiais e equipamentos para o LAS;
- 3) Confeção de processos para a compra de fotômetro de chama e pHmetro;
- 4) Auxílio na coordenação das atividades do LAS no que tange às análises e à equipe, junto com o atual coordenador, o professor Paulo Cezar Cassol.

Foram confeccionados laudos técnicos de acordo com as análises (“básica e completa”) solicitadas pelo público externo e posteriormente enviados para os seus respectivos endereços eletrônicos. Os resultados abaixo descritos foram obtidos de 05/08/2024 até 06/02/2025

Número de Laudos Gerados: 109

Número de Amostras Básicas: 67

Número de Amostras Completas: 216

Número de Amostras e Laudos referente às análises de calcário: 2

É importante salientar que o número inferior de laudos em relação às amostras analisadas está relacionado com a quantidade de amostras que cada cliente cadastra no sistema do LAS. Por exemplo, se são adicionadas no aplicativo “Projeto Solos” cinco amostras por um único solicitante, o referido aplicativo organiza o laudo somente em uma ou mais laudas em um mesmo arquivo, ajustando todos os resultados.

Como o bolsista atua em um laboratório de rotina e os dados obtidos após as análises são de propriedade dos clientes, não foi gerado nenhum tipo de produção científica.

Com os resultados obtidos da CO – apresentados no item 4 deste relatório – será confeccionado um artigo.

6 – Conclusões (parciais ou finais) do projeto:

As análises químicas solicitadas por todos os clientes no período de vigência da bolsa foram realizadas.

Todos os laudos foram confeccionados e enviados para os clientes.

O laboratório encontra-se regularizado tanto na instituição como na FIEPE.

Os resultados de matéria orgânica foram obtidos em todas as amostras de solos.

7 – Sugestão de continuação do projeto ou nova etapa:

No que tange às análises químicas, as etapas relacionadas à rotina do LAS continuarão as mesmas descritas no item 5 deste relatório.

A nova etapa será a confecção do artigo com a utilização dos dados apresentados no item 4 deste relatório.

8 – Desempenho do bolsista*: (Comentar sobre o desempenho do bolsista no decorrer do projeto)

O Dr. Gabriel é dedicado, assíduo e muito responsável, além de apresentar excelente capacidade analítica e de resolução de problemas. Excelente desempenho!

*** A ser preenchido pelo Coordenador ou Supervisor**

Documento assinado digitalmente
 **GABRIEL OCTAVIO DE MELLO CUNHA**
Data: 10/02/2025 15:33:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Nome e assinatura do Bolsista

Nome e assinatura do Coordenador

Documento assinado digitalmente
 **MARI LUCIA CAMPOS**
Data: 10/02/2025 13:58:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Mari Lucia Campos
Supervisor

Lages, 10/02/2025.

PLANO DE TRABALHO DO BOLSISTA

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 03/2023 PROGRAMA DE FOMENTO À PESQUISA E INOVAÇÃO EM ÁREAS ESTRATÉGICAS PARA ATENDER A DEMANDA DA SOCIEDADE CATARINENSE PELA UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC

1 DO PROJETO

1.1 Nome do Bolsista
Gabriel Octávio de Mello Cunha
1.2 Título do Projeto
Análise química de solos e Calcário
1.3 Grande Área do Conhecimento
☒ (x) Ciências Agrárias ☐ () Ciências Biológicas ☐ () Ciências da Saúde ☐ () Ciências Exatas e da Terra ☐ () Ciências Humanas ☐ () Ciências Sociais Aplicadas ☐ () Engenharias ☐ () Linguística, Letras e Artes ☐ () Outra ☐ () Tecnologias
1.4 Identificação do objeto
1.5 Objetivo da pesquisa
Testar e adaptar método de determinação de Carbono orgânico para atender aos estabelecidos pela ROLAS - Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, adaptando ferramenta de diagnóstico da qualidade química dos solos que embasará as recomendações de adubação e calagem dos diferentes solos do Planalto Serrano e de outras regiões de Santa Catarina.

1.6 Entregáveis (produto/processo ou equivalente)

A determinação de carbono orgânico pelo método Tedesco et al. (1995) gera resíduos tóxicos ao laboratorista e ao meio ambiente, sendo assim é fundamental a substituição por novos métodos mais eficientes e sustentável.

1.7 Previsão de divulgações e publicações (científicas ou não) de artigos, livros, resenhas e/ou *papers*.

01 (um) resumo Congresso/Simpósio e 01(um) artigo

1.8 Resumo do Plano de Trabalho

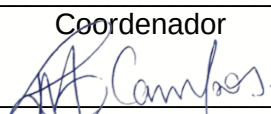
Adaptação e Substituição do método de carbono orgânico do solo para cálculo da matéria orgânica.

Para tanto serão coletadas amostras de solos da serra catarinense, com teores crescentes de carbono orgânico, que serão utilizadas na calibração e adaptações metodológicas para determinação de carbono orgânico pelo método da carbono orgânico total (TOC/TIC)

Bolsista

FAPESC

Coordenador



Profa. Dra. Mari Lucia Campos
Supervisor



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA

LAGES · CAV
CENTRO DE CIÊNCIAS
AGROVETERINÁRIAS

**ARTIGO REFERENTE AO PLANO DE TRABALHO (PRORROGAÇÃO
BOLSA FAPESC)**

EDITAL FAPESC 03/2025

Professora Doutora Mari Lúcia Campos
Departamento de Solos e Recursos Naturais
Universidade do Estado de Santa Catarina
Centro de Ciências Agroveterinárias



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA

LAGES · CAV
CENTRO DE CIÊNCIAS
AGROVETERINÁRIAS

DETERMINAÇÃO DO CARBONO ORGÂNICO TOTAL PELOS MÉTODOS WALKLEY-BLACK E ANALISADOR TOC EM 44 PERFIS DE SOLOS COLETADOS EM SANTA CATARINA

**Gabriel Octávio de Mello Cunha, Caroline Aparecida Matias Pierezan, Matheus
Rodrigo Machado, Daniely Neckel Rosini, Rogério Laus, Paulo Cezar Cassol,
Jaime Antonio de Almeida, Mari Lúcia Campos**

RESUMO

A determinação precisa dos teores de carbono orgânico de solos (COS) é essencial para o entendimento da dinâmica do carbono e, conseqüentemente, da matéria orgânica tanto no contexto ambiental como no agrônômico (práticas de manejo sustentável). Nesse sentido, o estudo objetivou avaliar, comparativamente, os teores de carbono orgânico (Corg) total quantificados por colorimetria (Walkley-Black) e pelo método instrumental por combustão seca, utilizando o analisador de Corg (TOC). Para isso, foram utilizadas amostras de 44 perfis de solos - desenvolvidos em ambientes pedogenéticos distintos - coletados em diferentes regiões da Serra Catarinense. A extração do Corg foi realizada com a utilização de uma solução sulfocrômica (DK mais ácido sulfúrico concentrado) misturada com as amostras de solos em erlenmeyers, em banho-maria (70-80°C) durante 30 minutos. As quantificações foram realizadas por colorimetria (comprimento de onda de 645 nm) e em um analisador de Corg (Analytik Jena Multi N/C 2100/2100S). Os dados foram submetidos à análise descritiva, seguida de análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey, com nível de significância de 5%. A determinação de Corg foi influenciada pelas características físico-químicas dos solos testados. Embora a estatística tenha evidenciado similaridade entre os métodos, o do analisador TOC foi mais sensível na determinação dos teores de Corg resultando, em valores absolutos, maiores teores de Corg quando comparado com o método com DK.

Palavras-chave:



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA

LAGES · CAV
CENTRO DE CIÊNCIAS
AGROVETERINÁRIAS

INTRODUÇÃO

O carbono orgânico (Corg) dos solos, representa um dos principais reservatórios do carbono terrestre, tendo como principais funções a manutenção e melhoria tanto da fertilidade química dos solos como da produtividade das plantas, elevada capacidade de retenção de água, melhoria na sua estrutura (estabilização dos agregados), além de suportar a biodiversidade dos ecossistemas terrestres (Guo et al., 2018; Dong et al., 2020; Grahmann et al., 2020; Mayer et al., 2020; Shamrikova et al., 2022; Souza et al., 2023; Li et al., 2024). Ainda, participa na ciclagem de nutrientes e no sequestro de carbono atmosférico, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas (Minasny et al., 2017; Soussana et al., 2019; Shamrikova et al., 2022; Dias et al., 2023; Narayanan et al., 2024).

Diante de sua relevância, faz-se importante que a escolha de métodos analíticos adequados para a quantificação do Corg seja mais precisa possível. Esse atributo do solo é essencial para estudos em ciência do solo, no que tange seu manejo sustentável, à avaliação da dinâmica da matéria orgânica e no monitoramento ambiental dos solos. Nesse contexto, o desenvolvimento, padronização e a comparação de diferentes metodologias e/ou técnicas analíticas para sua determinação assumem um papel central nos estudos científicos, especialmente nas áreas voltadas à sustentabilidade, à qualidade e conservação dos solos (Swickrath et al., 2012; Hutengs et al., 2019; Dong et al., 2020; Nair et al., 2021; Grahmann et al., 2022; Shamrikova et al., 2022; Souza et al., 2023; Loria et al., 2024; Zamora-Ledezma et al., 2025).

Entre os métodos disponíveis para a extração e quantificação do Corg, destaca-se o procedimento de Walkley-Black (1934), amplamente utilizado em laboratórios de pesquisa e rotina de solos devido à sua simplicidade e custo reduzido. O método baseia-se na oxidação química do carbono orgânico com a utilização da solução sulfocrômica (combinação do dicromato de sódio ou potássio com ácido sulfúrico concentrado) com posterior titulação volumétrica. Essa solução em contato com as amostras de solos, permite, durante 30 minutos em banho-maria à 70-80 °C, a extração parcial do Corg (Walkley-Black, 1934; Tedesco et al., 1995; Sato et al., 2014; Neto, 2015; Grahmann et al., 2022; Shamrikova et al., 2022; Loria et al., 2024; Alovisei et al., 2024).



Embora o Walkley-Black seja amplamente utilizado em laboratórios, devido à sua simplicidade e baixo custo, estudos científicos – nacionais e internacionais - apontam que o referido método subestima os teores reais de carbono devido à oxidação incompleta, com recuperação média entre 60-80% do carbono total, atingindo a média de 75% da oxidação real. Essa variabilidade está relacionada com a textura do solo, teor de argila, composição da MO e a presença de carbono pirogênico (Walkley-Black, 1934; Schumacher, 2002; Ramamoorthi e Meena, 2008; Chatterjee et al., 2009; Neto, 2015; Abraham, 2013).

Como alternativa ao método de titulação, tem se empregado o colorimétrico (leitura fotométrica da coloração resultante da redução do Cr^{6+}) que mantém o processo de extração acima mencionado, mas a sua quantificação é realizada por espectrofotometria na faixa do visível, a 645 nm. Essa técnica confere maior sensibilidade, reprodutibilidade, praticidade, menor variabilidade analítica (especialmente em solos com baixos teores de carbono), acurácia, segurança e eficiência operacional. Estudos indicam que esse método oferece melhor linearidade e menor variabilidade interanalista, além de eliminar o uso de reagentes presentes na titulação volumétrica tradicional.

Com o intuito de melhorar a quantificação do Corg, atualmente, tem se utilizado analisadores de carbono orgânico total (COT), cujo princípio se baseia, resumidamente, na combustão seca a altas temperaturas ($>750^{\circ}\text{C}$), seguida da detecção do CO_2 por espectrofotometria no infravermelho (Focus Radiation NDIR Detector). Esses equipamentos permitem a completa mineralização do CO com a utilização de temperaturas elevadas, com resultados confiáveis. Essa quantificação é realizada com mínima interferência dos fatores externos.

Estudos publicados recentemente reforçam a eficácia dos analisadores COT em solos naturais e contaminados, destacando sua reprodutibilidade, sensibilidade e compatibilidade com as normas internacionais de qualidade analítica (Neto, 2015; Xue et al., 2019; Frentiu et al., 2013). Nessa temática, resultados encontrados por Neto (2015), Sato et al. (2014), Sousa et al. (2025), Zamora-Ledezma et al. (2025), evidenciaram elevada correlação entre o método COT e metodologias convencionais, destacando sua robustez inclusive para solos tropicais e temperados, com elevados teores de ferro e argila,

com índices de recuperação de 90% e excelente correlação com o Walkley-Black (Solly et al., 2020).

Enfim, os métodos para a quantificação do COS variam amplamente em precisão custo e impacto ambiental, sendo estes influenciados pelas características físico-químicas do solo (Sato et al., 2014; Tokura et al., 2024; Grahmann et al., 2023). Nesse contexto, estudos sobre essa temática devem ser mais desenvolvidos, considerando as características físico-químicas e mineralógicas dos solos brasileiros.

Diante do exposto e da relevância do COS nos contextos ambiental e agrônômico, bem como a necessidade de tornar mais precisa a determinação dos teores de COT em solos coletados em diferentes ambientes pedogenéticos, este estudo objetivou avaliar, comparativamente, os teores de COT quantificados por meio de dois métodos analíticos distintos: colorimétrico baseado na reação de Walkley-Black (referência) e instrumental por combustão seca, utilizando analisador de COT.

MATERIAL E MÉTODOS

Solos utilizados

O estudo foi conduzido com amostras coletadas em 44 perfis de solos localizados em diferentes regiões da Serra Catarinense. Foram coletadas, no total, 44 amostras de solos, das quais são 13 Argissolos, 14 Cambissolos, 2 Latossolos, 12 Nitossolos, 2 Neossolos e 1 Organossolo. Todos os dados (químicos, físicos, bem como as classificações - de acordo com a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS, 2016) -, os materiais de origem, os municípios e as localizações) referentes às amostras de solo analisadas podem ser verificados, com maiores detalhes, em Rosini (2024).

Os solos foram coletados (trado holandês, profundidade 0-20 cm, horizonte A) em locais onde já haviam sido anteriormente estudados por Almeida et al. (2003); Correa (2003); Almeida e Erhart (2009); Paes Sobrinho et al. (2009); Bringhenti et al. (2012); Costa et al. (2013); Ferreira (2013); Lunardi Neto e Almeida (2013) e; Teske et al. (2013). Posteriormente, no Laboratório de Análise Ambiental (lotado no Departamento de Solos e Recursos Naturais, DSRN-UDESC/CAV), foi realizado o procedimento para a obtenção



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA

LAGES · CAV
CENTRO DE CIÊNCIAS
AGROVETERINÁRIAS

da terra fina seca ao ar (TFSA). Para isso, as amostras foram secas em temperatura ambiente (25°C), homogeneizadas e peneiradas em malha de 2 mm (Tedesco et al., 1995).

Os procedimentos para a determinação dos teores de carbono orgânico (Corg) em cada amostra avaliada serão descritos nos tópicos subsequentes.

Determinação dos teores de carbono orgânico (Corg) total por analisador de COT (TOC)

Após a obtenção da TFSA, procedeu-se o processamento das amostras antes da determinação do Corg no analisador TOC. Em resumo, as amostras de solo foram secas ao ar em temperatura ambiente (25°C), moídas em gral de ágata e peneiradas em malha 0,05 mm.

Na sequência, as amostras foram inseridas no aparelho, onde ocorreu o processo de combustão catalítica a 800-950°C (combustão analítica à alta temperatura), em fluxo contínuo de oxigênio puro, utilizando tubo de combustão de quartzo preenchido com catalisador de platina. O gás proveniente da combustão (carbono presente nos compostos orgânicos convertido em CO₂) foi resfriado e purificado por trampas específicas (etapa de purificação que remove outros gases gerados juntos - vapor de água, ácidos ou partículas sólidas finas ou poeira) antes do CO₂ chegar ao detector. Esse processo foi importante, pois protegeu o detector, garantindo que somente o referido gás fosse medido.

O CO₂ gerado foi quantificado por detecção via espectrofotometria de absorção no infravermelho não-dispersivos (NDIR). A quantificação do COT foi realizada pela integração da área do sinal obtido, utilizando-se as curvas de calibração previamente estabelecidas com o solo LUFA (solo certificado, valor de Corg de 1,77%). Este solo foi utilizado para a calibração do aparelho (Neto, 2015; Rosini, 2024).

A determinação dos teores de COT foi realizada utilizando-se um analisador de COT (Analisador Multi N/C 2100/2100S - Analytik Jena AG, Alemanha), por espectrofotometria de infravermelho (Focus Radiation NIDR Detector). Essa etapa foi realizada por combustão catalítica a alta temperatura (>750°C), com fluxo contínuo de oxigênio.

Determinação do Corg pelo método Walkley-Black

A extração e posterior determinação do Corg pelo método Walkley-Black foram realizadas, respectivamente, nos Laboratórios de Análise do Solo (Rotina) e Fertilidade do solo, ambos também lotados no DSRN da UDESC/CAV.

Na primeira etapa, foram cachimbados 1,5 g de cada um dos solos, em erlenmeyers de 50 mL. Posteriormente, adicionou-se 15 mL de uma solução sulfocrômica obtida pela combinação dos reagentes DK e ácido sulfúrico concentrados em um volume final de 2 L, completado com água destilada. Em seguida, as amostras foram digeridas em um banho-maria na temperatura de 75°C, durante 30 minutos, contados a partir da estabilização da temperatura (Tedesco et al., 1995). Após a extração, todas as amostras foram agitadas em um agitador orbital durante 7 minutos. Decorrido esse tempo, adicionou-se mais 15 mL de água destilada e repetiu-se a agitação. No final dessa etapa, as amostras ficaram 5 horas em repouso para a separação solo-solução.

Decorrido o tempo de decantação, pipetou-se 3 mL do sobrenadante e 3 mL de água destilada. Na sequência, os teores de COS foram determinados, utilizando o espectrofotômetro de absorção molecular (Shimadzu 1800 UV-VIS), no comprimento de onda de 645 nm.

Salienta-se que, no decorrer deste estudo, este método será tratado somente como método do dicromato de potássio (DK).

Análise Estatística

Os dados foram submetidos à análise descritiva, seguida de análise de variância (ANOVA) e comparação de médias pelo teste de Tukey, adotando-se um nível de significância de 5%. Previamente à ANOVA e ao teste de média, os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias foram avaliados pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente, para garantir a validade dos modelos estatísticos. As análises foram realizadas no software Minitab (versão 19).

RESULTADOS

Os resultados químicos referentes aos 44 perfis de solos avaliados neste estudo apresentaram, levando-se em consideração a estatística descritiva, no geral, ampla variabilidade nos atributos físico-químicos e texturais. Nesse sentido, os teores de carbono orgânico (Corg) determinados pelo analisador de carbono orgânico total (TOC) apresentou média de $38,45 \text{ g kg}^{-1}$ com valores variando de $9,04$ a $212,50 \text{ g kg}^{-1}$. A mediana foi de $28,45 \text{ g kg}^{-1}$, tendo desvio padrão (DP) elevado ($35,73$), podendo ser indicativo de alta dispersão. A curtose de $14,53$ evidencia a presença de valores muito elevados de C, provavelmente advindos do Organossolo avaliado. Por outro lado, o método do dicromato de potássio (DK), apresentou média de $30,85 \text{ g kg}^{-1}$ com amplitude de $5,63$ a $126,72 \text{ g kg}^{-1}$, mediana de $18,53 \text{ g kg}^{-1}$ e desvio padrão de $30,28 \text{ g kg}^{-1}$. Diferentemente da curtose evidenciada nos resultados do TOC, nesse método, foi menor ($2,61$), indicando distribuição assimétrica (Tabela 1).

A textura dos solos apresentou elevada heterogeneidade: areia variou de $26,27$ a $713,26 \text{ g kg}^{-1}$ (média de $292,61 \text{ g kg}^{-1}$ e DP de $190,74 \text{ g kg}^{-1}$), argila de $124,12$ a $752,66 \text{ g kg}^{-1}$ (média de $416,63 \text{ g kg}^{-1}$, DP de $165,79 \text{ g kg}^{-1}$) e silte de $128,32$ a $489,60 \text{ g kg}^{-1}$ (média de $295,15 \text{ g kg}^{-1}$, DP de $92,88 \text{ g kg}^{-1}$). A curtose nesse conjunto de dados, indica menor frequência de valores extremos e maior uniformidade nos dados (Tabela 1).

Em todos os casos, observa-se elevada dispersão nos resultados obtidos após as análises químicas e físicas dos solos estudados (Tabela 1).

No que se refere à comparação dos métodos TOC e DK para a determinação de Corg em solos, considerando a média geral dos resultados, nota-se que ambos não diferiram estatisticamente entre si, com valor de F de $2,29$ e valor de p associado de $0,132$, superior ao nível de significância de 5% (dados não mostrados). Com o intuito de complementar a ANOVA, aplicou-se o teste de Tukey, que reforçou a equivalência entre os métodos de extração e posterior determinação de Corg (Tabela 1).



Tabela 1. Estatística descritiva contendo os dois métodos de determinação de carbono orgânico.

	TOC	DK	Areia	Argila	Silte
	--- g Kg ⁻¹ ---		--- mg Kg ⁻¹ ---		
Média	38,45	30,85	292,61	416,63	295,15
Mediana	28,45	18,53	194,51	440,68	285,75
Mínimo	9,04	5,63	26,27	124,12	128,32
Máximo	212,50	126,72	713,26	752,66	489,60
Curtose	14,53	2,61	-1,03	-0,99	-0,70
DP	35,73	30,28	190,74	165,79	92,88

Comparando os dois métodos com as diferentes classes de solos, verificou-se que, para os Argissolos, Cambissolos, Nitossolos e Neossolos, não houve diferença estatística. Contudo, diferenças significativas foram evidenciadas nos Latossolos, notadamente no Organossolo. Neste último, os teores de Corg determinados pelo TOC foram expressivamente superiores aos obtidos nas diferentes classes de solo em ambos os métodos. Em contrapartida, os determinados nos extratos de DK subestimaram esses teores em relação ao TOC, exceto no Nitossolo em números absolutos (Tabela 2).

Tabela 2. Comparação dos teores de carbono orgânico (Corg) total em diferentes métodos analíticos, considerando classes de solo, grupos de rocha e teor de argila.

Método	Argissolo	Cambissolo	Latossolo	Nitossolo	Neossolo	Organossolo
TOC	31,32 A	42,73 A	23,18 A	31,96 A	20,98 A	212,5 A
K ₂ Cr ₂ O ₇	27,02 A	31,59 A	13,54 B	40,30 A	18,99 A	15,15 B

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância



Em relação ao material de origem dos solos estudados, nota-se que para os grupos de rochas ígnea extrusiva, ígnea intrusiva e sedimentar, não houve diferença estatística significativa entre os dois métodos utilizados para a determinação do Corg total na maioria dos solos derivados dessas rochas. Essa diferença foi notada nos solos derivados de rochas metamórficas, em que o método do DK apresentou média significativamente inferior quando comparado ao obtido pelo TOC (Tabela 3). Esse resultado indica que, possivelmente, nesse grupo de solos, o DK pode estar subestimando o Corg.

Tabela 3. Comparação dos teores de carbono orgânico (Corg) total em diferentes métodos analíticos, considerando as rochas formadoras dos solos testados.

Método	Ígnea Extrusiva	Ígnea Intrusiva	Metamórfica	Sedimentar
TOC	41,81 A	39,32 A	35,85 A	22,81 A
K ₂ Cr ₂ O ₇	35,03 A	31,39 A	18,65 B	17,32 A

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância

No que se refere à comparação dos diferentes métodos de determinação de Corg total com os diferentes teores de argila, observou-se que para as classes $\leq 20\%$, 21–40% e 41–60%, não houve diferença estatística significativa entre os métodos. Porém, nos solos com teores de argila acima de 60% identificou-se diferença estatística nos solos submetidos à extração de Corg pelo método do DK (Tabela 4). Nesse sentido, ficou evidenciado padrões distintos de eficiência entre os métodos de determinação de Corg utilizados neste estudo. As diferenças podem estar relacionadas com as características físico-



químicas de cada classe de solos, que serão discutidas com mais profundidade no tópico a seguir.

Tabela 4. Comparação dos teores de carbono orgânico (Corg) total em diferentes métodos analíticos, considerando as diferentes classes de argila.

Método	≤20%	21-40%	41-60%	>60%
TOC	47,4 A	33,25 A	32,45 A	49,9 A
K ₂ Cr ₂ O ₇	35,42 A	39,43 A	30,02 A	20,42 B

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância

A comparação realizada entre os dois métodos de determinação do Corg evidenciou que, independentemente do agrupamento adotado (classe de solo, tipo de rocha ou teor de argila) o método de combustão seca (TOC), em valores absolutos, apresentou valores médios de Corg superiores aos do DK. No entanto, a análise estatística demonstrou que, em todas as comparações, não houve diferença significativa entre os métodos, indicando similaridade entre as metodologias aplicadas em cada solo testado (Tabela 5).

Os maiores teores de Corg obtidos pelo TOC foram observados nos solos com elevados teores de argila (proteção da MO), sendo esse comportamento mais evidenciado na comparação entre os métodos e classes de solos (Tabela 5). A discrepância entre as médias se deve aos elevados teores de Corg obtidos no Organossolo determinados no analisador TOC em relação ao DK (Tabelas 2, 4 e 5).



Tabela 5. Comparação dos teores de carbono orgânico (Corg) total em diferentes métodos analíticos, considerando as diferentes classes de solo e argila e rochas.

Método	Classes de Solos	Rocha	Argila
TOC	60,4 A	34,95 A	40,75 A
K ₂ Cr ₂ O ₇	25,93 A	25,60 A	31,32 A

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância

DISCUSSÃO

A análise descritiva dos atributos físico-químicos e químicos dos 44 perfis testados revelou importantes padrões relacionados à variabilidade e à distribuição das variáveis comparadas entre si. No geral, verificou-se que os teores médios de Corg determinados pelos dois métodos (DK e TOC) apresentaram valores elevados de DP, sendo indicativo de uma considerável amplitude de variação entre as amostras avaliadas. Esse comportamento pode estar relacionado com a heterogeneidade natural de cada solo testado, tendo eles diferentes graus de desenvolvimento pedogenético, textura e teores de MO (Tabela 1).

Essa heterogeneidade natural, conforme descrito por Almeida et al. (2003), Paes Sobrinho et al. (2009) e Lunardi Neto e Almeida (2013), está relacionada com a diversidade morfológica, textural e mineralógica nos perfis da Serra Catarinense, com impacto direto sobre a dinâmica do Corg.

A distribuição dos dados e os coeficientes de assimetria e curtose apontaram desvios importantes da normalidade para a variável Corg. Levando-se em consideração essa variável, notou-se a presença de valores muito elevados indicados pela presença de curtose positiva acentuada, como os verificados no Organossolo. Nesse solo, verificou-se que o teor de Corg foi muito superior ao comparado com os obtidos nas outras classes de solos, justificando, nesse caso, o alto desvio padrão observado (Tabela 1).

Ainda em relação à assimetria dos dados, a assimetria positiva, verificada na tabela 1, indicou que os dados se concentraram predominantemente na faixa de valores mais

baixos, enquanto alguns valores muito elevados, verificados no Organossolo, podem ter exercido influência significativa sobre a forma da distribuição, ampliando, assim, a frequência de valores superiores. Esses resultados reforçam a ideia da necessidade de análises estratificadas por classes de solos ou material de origem, dada a influência direta da heterogeneidade pedológica na interpretação dos resultados e eficiência dos dois métodos analíticos testados neste estudo. Resultados similares foram encontrados por Brighenti et al. (2012), que também observaram comportamento assimétrico na distribuição do Corg em solos com elevados teores de MO da região Sul do Brasil, com destaque para os Organossolos.

Em relação à textura do solo, a análise estatística demonstrou ampla variabilidade nos resultados, principalmente nos teores de areia e argila (Tabela 1), tendo implicações diretas tanto na retenção de MO como na eficiência dos métodos analíticos. Dessa forma, solos com elevados teores de argila tendem a proteger fisicamente a MO, dificultando sua oxidação química, podendo ser uma das principais causas verificadas nas diferenças observadas nos métodos do DK e do TOC em determinados grupos de solos. Teske et al. (2013), também observaram menor eficiência do método Walkley-Black em solos argilosos com elevado grau de intemperismo, devido à maior estabilização físico-química da MO.

Essa variabilidade estrutural também foi constatada em um estudo realizado por Lunardi Neto e Almeida (2013), que indicou que a estabilização da MO nos solos avaliados, foi significativamente afetada pelas variações na mineralogia e no teor de argila. Tais características influenciaram diretamente na eficiência dos métodos de quantificação utilizados por esses autores, evidenciando, assim, a necessidade de considerar os atributos físico-químicos do solo na escolha do procedimento analítico.

A ausência de diferença estatística evidenciada na comparação entre os métodos de determinação de Corg pode estar diretamente relacionada e, ou, influenciada pelas características intrínsecas inerentes à cada classe de solos testada neste estudo (Tabela 2). Brighenti et al. (2012) e Paes Sobrinho et al. (2009) analisando solos com diferentes estágios de desenvolvimento e acúmulo de MO em ambientes da região sul e de altitude de Santa Catarina, destacaram os desafios relacionados à correlação entre os métodos

químicos e a real fração orgânica estabilizada. Nesse contexto, estão os Argissolos, Cambissolos, Nitossolos e os Neossolos.

Os Argissolos (textura média a argilosa; horizonte B textural; acúmulo de argila), embora matéria orgânica (MO) tenha uma certa estabilidade, esses solos possuem teores moderados de carbono (C) e uma estrutura que não impede a ação do agente oxidante. Assim, a eficiência do método de DK não é comprometida permitindo a obtenção de resultados similares ao TOC.

Nos Cambissolos (baixa a média evolução; horizontes de transição incipiente e textura variável), essa similaridade ocorre porque a MO nesse solo é, em geral, mais lábil e facilmente oxidável, sem a presença marcante de complexos organo-minerais altamente estabilizados, que poderiam, de alguma forma, afetar a quantificação de C pelos métodos de DK e TOC.

Em suma, nesses dois grupos de solos acima citados, por possuírem teores moderados de argila e MO, além de apresentarem estruturas relativamente bem desenvolvidas, favorecem a eficiência do método químico de oxidação por DK, proporcionando uma quantificação adequada de Corg. A falta de diferença estatística entre os dois métodos nesses solos podem estar relacionados com a menor complexidade dos compostos orgânicos presentes e a maior exposição da MO aos agentes oxidantes e às altas temperaturas nas quais as amostras foram submetidas no momento da sua quantificação pelo TOC.

Nos Nitossolos (fortemente intemperizados; elevada coesão estrutural: estrutura firme, compacta e agregada; matriz firme compacta teores significativos de argila), a MO tende a estar menos protegida fisicamente quando comparada aos mais argilosos, como os Latossolos. Como nesses solos a MO está mais uniformemente dispersa na matriz do solo (MO menos recalcitrante; menor complexidade química; mais homogeneamente distribuída na matriz), sem a formação expressiva de complexos organo-minerais extremamente estáveis ou zonas de proteção intensa, ela está mais acessível (não está fortemente protegida ou encapsulada pelos agregados), distribuída de forma menos segregada e menos protegida pelas partículas minerais, facilitando, assim, a ação oxidante



do DK. Dessa forma, a quantificação realizada pelo DK tendeu a ser representativa e próxima dos valores obtidos pelo TOC.

Nos Neossolos, caracterizados por serem pouco evoluídos, com reduzida capacidade de retenção de MO e teores relativamente baixos de argila, a MO presente tende a estar pouco estabilizada (mais lábil), sendo facilmente acessível aos agentes oxidantes. Além disso, como podem ter textura arenosa ou franca (baixos teores de argila e predomínio de frações minerais mais grosseiras), favorece não apenas a ação química de oxidantes como também de processos térmicos envolvidos na determinação direta do carbono pelo método do TOC. Nesse sentido, o DK provavelmente conseguiu oxidar eficientemente o Corg, resultando na equivalência estatística com o método do TOC.

Por outro lado, constatou-se diferenças significativas entre os dois métodos testados nos Latossolos e no Organossolo testados. Essas também podem, como relatado para os anteriores, estar relacionadas com as características intrínsecas inerentes à essas duas classes de solos.

Nos Latossolos, ficou evidenciado a subestimação dos teores de Corg quantificados pelo método DK quando comparado ao TOC. Essa diferença pode ser ocasionada tanto pelas características físico-químicas (textura muito argilosa, elevada concentração de óxidos de Fe e Al) quanto pelo forte intemperismo desses solos, que podem promover a formação de complexos organo-minerais altamente estáveis, protegendo fisicamente a MO, dificultando sua completa oxidação pelo DK. Nesse caso, pode-se sugerir que o referido método pode não ter sido capaz (limitação do método) de quantificar todo o Corg presente na amostra, ao contrário do TOC.

Em contrapartida, para o Organossolo, houve maior discrepância entre os resultados de Corg, chegando a ser 3,2 vezes maior no TOC em relação ao DK (Tabela 2). Pode-se, portanto, aventar que, esse último, subestimou expressivamente os teores de Corg quando comparado com o TOC. Isso pode estar relacionado com os elevados teores de MO presentes nesse grupo de solos. Sendo esta acumulada em condições hidromórficas, proporcionando baixa decomposição. A MO nesse tipo de solo apresenta alta complexidade molecular, elevada estabilidade (compostos complexos e recalcitrantes, como ácidos húmicos e fúlvicos), presença de compostos macromoleculares, que

conferem grande resistência à oxidação química, dificultando a ação oxidante, ou seja, a eficiência do DK. Por outro lado, o método do TOC, baseado na combustão analítica à temperatura elevada, mostrou-se mais eficiente na quantificação do Corg presente no solo avaliado neste estudo.

Ainda sobre o Organossolo (caracterizado por condições de clima altomontano e acúmulo expressivo de MO de difícil degradação), a superioridade do TOC em relação ao DK nesse solo, pode ser explicada pela combustão térmica completa (total) do C obtida no primeiro método. Nesse método, ocorre a oxidação completa e, de certa forma, indiscriminada de todas as frações orgânicas, independentemente de seu grau de estabilidade ou de suas associações organo-minerais, sendo capaz de quantificar, com precisão, tanto as frações lábeis quanto às mais estáveis da MO. Pode-se, portanto, conjecturar, nessas condições, que esse método supera as limitações impostas pela proteção físico-química típica da MO presente na referida classe de solo, garantido uma determinação mais completa e acurada do Corg total nesses ambientes.

A comparação entre os métodos do DK e do TOC com os materiais de origem (rochas ígneas extrusivas e intrusivas, metamórficas e sedimentares), evidenciou que as características mineralógicas e texturais inerentes à cada tipo de rocha podem ter tido papel crucial na eficiência de cada um deles (Tabela 3).

Nesse sentido, nos solos derivados de rochas extrusivas e intrusivas, evidenciou-se que, ambos os métodos, quantificaram teores de C estatisticamente similares (Tabela 3). Esse comportamento pode ser explicado pela mineralogia da fração argila presente nesses materiais de origem, que resultou solos com teores moderados de argila e MO, além da distribuição relativamente homogênea da fração orgânica na matriz do solo. A eficiência dos métodos, no que tange à determinação dos teores de C presentes nas classes de solos desenvolvidas nessas rochas, pode estar relacionada com a menor complexidade e estabilização da MO, favorecendo a eficiência da oxidação química pelo DK, permitindo resultados comparáveis aos obtidos pelo TOC (mais sensível).

Nos solos derivados de rochas sedimentares, verificou-se a similaridade (não diferiram estatisticamente) entre os métodos (Tabela 3). Esse comportamento pode estar relacionado com a mineralogia pouco complexa desses solos, em que se tem a dominância

de minerais primários estáveis como o quartzo e com menor presença de minerais secundários ou óxidos capazes de promover proteção físico-química à MO (Teske et al., 2013). Além disso, a textura tende a ser arenosa ou franca, com baixos teores de argila (menor presença de microporos e superfícies reativas). Diante disso, presume-se que a MO ficou mais exposta e, ou, acessível aos métodos analíticos empregados para a determinação dos teores de C nos solos derivados dessas rochas. Esses resultados evidenciam que o DK foi capaz de quantificar adequadamente o Corg sem subestimar seus teores em relação ao TOC.

Diferentemente do que ocorreu com os grupos de rochas relatados anteriormente, diferenças estatísticas significativas foram constatadas nos solos oriundos de rochas metamórficas, com o método do TOC apresentando teores bem superiores aos obtidos pelo DK (Tabela 3). Essas diferenças, se devem provavelmente às características mineralógicas e estruturais inerentes a solos formados a partir desse material de origem. Essas rochas, notadamente àquelas com elevado grau de recristalização, tendem a originar solos com maior desenvolvimento de agregados finos, com maior conteúdo de argila e com a presença de minerais secundários capazes de promover interações físico-químicas com a MO. Essas características favorecem tanto a formação de complexos organo-minerais estáveis quanto à proteção física da MO, dificultando a ação do DK tendo, como consequência, a possível subestimação dos teores de Corg por esse método.

Ainda em relação ao grupo de solos originados pelas rochas metamórficas, pode-se conjecturar que a maior heterogeneidade textural e mineralógica associada aos solos metamórficos pode ter contribuído com a estabilização diferencial das frações orgânicas, criando compartimentos menos acessíveis ao agente oxidante. Considerando o exposto, pode-se afirmar que o método de quantificação pelo analisador TOC, ao promover oxidação completa e indiscriminada de todas as frações de Corg se destaca por sua maior sensibilidade e capacidade de detecção, que conferiu esse método maior eficácia quando comparado ao do DK nesses ambientes pedológicos de certa forma mais complexos.

Os elevados teores de Corg verificados, notadamente em valores absolutos na comparação entre os métodos com os teores de argila e nas classes de solo (Tabela 5), se devem, como relatado anteriormente, provavelmente à maior sensibilidade

do método de combustão seca (TOC) em relação ao do DK em acessar o Corg tanto protegido pela argila como a MO mais estável, ambos associados com a mineralogia de cada solo. Essa interpretação é corroborada por estudos anteriores, como os de Lunardi Neto e Almeida (2013), Brighenti et al. (2012) e Sato et al. (2014), que associaram a subestimação do DK à presença de gibbsita e à complexidade dos argilominerais.

Embora a análise estatística tenha demonstrado semelhanças entre os métodos em algumas situações, especialmente em solos com menores teores de Corg (Tabela 5), o método químico mostrou-se limitado frente à heterogeneidade pedológica observada. Estudos desenvolvidos por Grahmann et al. (2023) e Tokura et al. (2024) alertam para a importância da padronização metodológica em séries temporais e da calibração entre métodos. Rocci et al. (2024), destaca a interação entre propriedades físico-químicas do solo e a dinâmica da MO como fatores determinantes para a eficiência analítica dos métodos avaliados.

Em suma, considerando os resultados obtidos neste estudo, no que tange à eficiência dos métodos de determinação do Corg total, verificou-se que todos foram diretamente influenciados pelo material de origem e pelas características físico-químicas inerentes a cada classe de solo avaliada neste estudo. Nos solos formados a partir de rochas ígneas extrusivas e intrusivas, bem como de sedimentares, ambos os métodos tiveram desempenho equivalente, podendo ser utilizados na quantificação dos teores de Corg em solos derivados desse grupo de rochas. Em contrapartida, em solos derivados de rochas metamórficas, em que a mineralogia e a estrutura promovem maior estabilização físico-química da MO, observou-se subestimação sistemática dos teores de Corg pelo DK. Nesse caso, recomenda-se o método do TOC que demonstrou maior sensibilidade e precisão analítica.

Alguns estudos anteriormente publicados comparando a eficiência relativa entre os métodos DK e combustão seca (TOC CNHS/O), também concluíram que o desempenho desses métodos está diretamente relacionado com as características físico-químicas dos solos avaliados, notadamente quanto à textura, mineralogia e estabilização da MO. Nos parágrafos subsequentes, serão abordados, resumidamente, cada um deles.



Comparando seis métodos de quantificação de Corg (Walkley-Black, Mebius: combustão úmida com aquecimento; colorimétrico; gravimétrico: perda por ignição 5h por 450°C e 6h a 600°C e combustão seca) em 54 amostras de solos do cerrado brasileiro com mineralogia e texturas distintas, Sato et al. (2014), constataram subestimação dos teores de Corg nos métodos Walkley-Black, Mebius e colorimétrico, enquanto o da perda por ignição, superestimou. Essa superestimação, segundo os autores, deveu-se à perda de água por hidratação de minerais como a gipsita e à decomposição de constituintes inorgânicos. A eficiência analítica foi afetada pela mineralogia (presença de óxidos) e argila.

Com o objetivo de comparar três métodos (oxidação por dicromato com e sem aquecimento, perda de ignição e da combustão seca) de determinação de Corg e frações húmicas em 17 solos brasileiros, Fernandes et al. (2015), relataram que o método do dicromato com aquecimento foi mais eficaz, enquanto a perda por ignição superestimou o COT. Além disso, concluíram que o método Walkley-Black subestimou as frações húmicas, principalmente a humina. A conclusão deste estudo, corrobora com a limitação do DK evidenciada especialmente no Organossolo testado no presente artigo científico, sendo esta causada possivelmente pela presença de frações mais estáveis de MO nessa classe de solos e reforça a superioridade do TOC.

Ramamoorthy e Meena (2018) compararam em seu estudo os métodos Walkley-Black e o de combustão total em analisador elementar (CHNS/O) - elevada temperatura 900 a 1200°C - na determinação de carbono orgânico total (COT) em solos calcários da China e constataram que, o primeiro, subestimou os teores de Corg, notadamente nos solos com elevada concentração de carbonatos. Já, o segundo, foi considerado o método mais indicado para os tipos de solos avaliados. Os resultados encontrados por esses autores vão ao encontro aos obtidos neste estudo, no que tange à eficiência de quantificação do Corg, sobretudo em solos com elevada estabilização organo-mineral, como no Organossolo avaliado. Além disso, a presença de carbonatos, a complexidade físico-química dos solos muito argilosos e intemperizados, também dificultou a ação oxidante do DK.

Rocci et al. (2024) com o intuito de revisar duas décadas de avanços conceituais sobre a dinâmica da matéria orgânica do solo, destacaram a transição de um modelo baseado na

recalcitrância química para outro centrado nas interações físico-biológicas, notadamente a estabilização organo-mineral. Nessa revisão foram identificados seis controles críticos relacionados com a regulação, formação, estabilização e perda da MO sendo estes inacessibilidade física, estabilização organo-mineral, fatores abióticos, diversidade bioquímica, fisiologia microbiana e a biodegradabilidade das entradas. Esses conceitos apresentados por esses autores explicam, de certa maneira, as diferenças encontradas entre os dois métodos testados neste estudo, particularmente no que se refere à limitação do método com a utilização do DK em oxidar frações de MO fisicamente protegidas em contraste com a maior eficiência do TOC.

Em síntese, além dos estudos científicos acima elencados, outros desenvolvidos por Swickrath (2012), Bahadori e Tofighi (2016), Cara (2022), Gramann et al. (2023), Hossain et al. (2023), Li et al. (2024), Tokura et al. (2024), Narayanan et al. (2025), Sousa et al. (2025), Zamora-Ledezma et al. (2025) relatam que a eficiência dos métodos utilizados na determinação dos teores de Corg em amostras de solos depende, principalmente, da textura, mineralogia e teor de MO. Ainda, destacam a eficiência do método de combustão seca em relação à úmida, notadamente nos solos em que a MO encontra-se mais estável (estabilização organo-mineral). Além disso, reforçam a ideia de que o método Walkley-Black não deve ser considerado um método de referência sem as devidas correções ou complementações - aplicação de fatores de correção apropriados para melhorar a precisão dos resultados -, especialmente em solos com elevados teores de MO, como o Organossolo, analisado neste estudo.

Em suma, esses estudos reforçam que, embora o método com DK seja amplamente utilizado em laboratórios de rotina e, ou, pesquisa, sua aplicação em ambientes com elevada complexidade pedológica, requer cautela e, preferencialmente, complementação ou substituição pelo método de combustão seca, que oferece maior precisão e robustez analítica, alinhando-se às melhores práticas científicas e ambientais atualmente recomendados.

Ainda em relação ao método do DK, Rocha Junior et al. (2025), com o intuito de minimizar os impactos ambientais associados ao tradicional uso do DK, propuseram um novo método espectrofotométrico fundamentado na oxidação com permanganato de



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA

LAGES · CAV
CENTRO DE CIÊNCIAS
AGROVETERINÁRIAS

potássio. Esse método foi testado em solos das classes dos Latossolos, Argissolos, Neossolos, Organossolos, Cambissolos e Nitossolos, todos caracterizados por significativa heterogeneidade textural e mineralógica. Os resultados obtidos com o permanganato de potássio foram comparáveis aos do método tradicional (DK), mostrando-se eficaz nas diferentes classes de solos testadas.

Nessa mesma linha de pesquisa, Souza et al. (2025) ressaltaram a necessidade de validação adicional do método com permanganato de potássio para ampla adoção dessa técnica em laboratórios de rotina, principalmente quando considerada a complexidade pedológica dos solos tropicais. Ambos os autores relataram que, até o momento, a metodologia de combustão a seco (TOC) permanece como referência precisa do Corg, notadamente em solos com elevada estabilização da MO, como o Organossolo avaliado neste estudo.

Considerando os resultados obtidos neste estudo, sugere-se a necessidade de uma escolha metodológica criteriosa para a determinação do Corg em solos, particularmente em ambiente com elevada complexidade pedológica, como os Organossolos e Latossolos analisados. Embora o DK seja o método amplamente utilizado em laboratórios de rotina e, ou, pesquisa, dependendo da classe de solo testada, apresenta algumas limitações metodológicas, necessitando de métodos mais precisos e robustos como a combustão seca (TOC).

Finalmente, reforça-se a ideia do desenvolvimento de métodos alternativos e sustentáveis, por exemplo o do permanganato de potássio, que parece ser promissor. No entanto, necessita-se de mais estudos para sua validação. Novos métodos devem ser criados com o intuito de conciliar precisão analítica, segurança ambiental e economicidade.

CONCLUSÕES

O método referente ao analisador de Corg (TOC) apresentou maior sensibilidade e acurácia na quantificação do Corg, notadamente em solos com elevados teores de Corg, como os Organossolos.



O método do DK, apesar de amplamente utilizado, subestimou os teores de Corg em solos bem intemperizados ou com elevada estabilização da MO, evidenciando limitações analíticas em solos com essas características físico-químicas.

A eficiência de ambos os métodos foi diretamente influenciada pelas características físico-químicas dos solos, principalmente textura e graus de humificação.

Os dois métodos, mesmo com limitações inerentes a cada um deles, não diferiram estatisticamente entre si na determinação dos teores de Corg. Ambos apresentaram comportamento semelhante na quantificação do Corg dos solos testados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAM, Joshua. Organic carbon estimations in soils: Analytical protocols and their implications. *Rubber Science*, v.26, n.1, p.45–54, 2013.

ALMEIDA, J. A.; TORRENT, J.; BARRÓN, V. Cor de solo, formas do fósforo e adsorção de fosfatos em Latossolos desenvolvidos de basalto do extremo-sul do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 27, p. 985–1002, 2003.

ALMEIDA, J.A., CORRÊA, J., SCHMITT, C. Clay Mineralogy of Basaltic Hillsides Soils in the Western State of Santa Catarina. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, v.42, p.1-17, 2018. doi: <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20170086>.

ALOVISI, A. M. T.; VILLALBA, L. A.; SOARES, M. S. P.; TOKURA, W. I.; LIMA, N. D.; KAI, P. M.; ALVES, J. C. Comparison of determination methods total organic carbon in the soil. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, Miami, v.18, n.7, p.1–16, 2024. DOI: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n7-093>.

BAHADORI, M; TOFIGHI, H. A modified Walkley-Black method based on spectrophotometric procedure. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 47, n.2, p.213-220, 2016.

BRIGHENTI, I.; ALMEIDA, J. A.; HOFER, A. Mineralogia e gênese de Argissolos das Serras do Tabuleiro/Itajaí, Estado de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 36, p. 1057–1071, 2012.

CHATTERJEE, A.; LAL, R.; WIELOPOLSKI, L.; MARTIN, M. Z.; EBINGER, M. H. Evaluation of different soil carbon determination methods. *Critical Reviews in Plant Sciences* v.28, p.164–178, 2009. DOI: [10.1080/07352680902776556](https://doi.org/10.1080/07352680902776556) Acesso em: 31 maio 2025.

CARA, T. F. Estudo comparativo entre os métodos Walkley & Black e colorimétrico para análise de carbono orgânico no solo: uma revisão bibliográfica. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2022.

CORREA, J. Mineralogia e Gênese das principais classes de solos de encostas basálticas. Lages: Universidade do Estado de Santa Catarina, 2003.

COSTA, A. et al. Pedotransfer functions to estimate retention and availability of water in soils of the state of Santa Catarina, Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.37, p-889-910, 2013. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000400007>.

DIAS, F. O.; BONFIM, H. S.; BOMBARDELLI, J.; MATOS, G. B. C. Análise bibliométrica da produção científica sobre créditos de carbono (2012-2021). *Revista de Gestão Social e Ambiental*, v. 17, n. 1, p. 1-18, 2023. DOI: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v17n1-026> Acesso em: 31 maio 2025.

DONG, S. K.; SHANG, Z. H.; GAO, J. X.; BOONE, R. B. Enhancing sustainability of grassland ecosystems through ecological restoration and grazing management in an era of climate change on Qinghai-Tibetan Plateau. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v.287, 106684, 2020.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. *A protocol for measurement, monitoring, reporting and verification of soil organic carbon in agricultural landscapes – GSOC-MRV protocol*. Rome: FAO, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4060/cb0509en>. Acesso em: 31 maio 2025.

FERNANDES, R. B. A.; CARVALHO JUNIOR, I. A.; RIBEIRO JUNIOR, E. S.; MENDONÇA, E. S. Comparison of different methods for the determination of total organic carbon and humic substances in Brazilian soils. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 62, n. 5, p. 96–501, set./out. 2015.

FERREIRA, E. R. N. C. Química e mineralogia de solos desenvolvidos de rochas alcalinas e ultrabásicas do Domo de Lages. Lages: Universidade do Estado de Santa Catarina, 2013.

GUO, L.; LINDERMAN, M.; SHI, T. Z.; CHEN, Y. Y.; DUAN, L. J.; ZHANG, H. T. Exploring the sensitivity of sampling density in digital mapping of soil organic carbon and its application in soil sampling. *Remote Sensing*, v.10, 888, 2018.

GRAHMANN, K.; JANDL, R.; KLEIN, T.; ZECHMEISTER-BOLTENSTERN, S.; HAGER, H. The dilemma of analytical method changes for soil organic carbon in long-term field experiments. *European Journal of Soil Science*, v.74, n.3, e13362, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1111/ejss.13362> . Acesso em: 31 maio 2025.

GRAHMANN, K.; TERRA, J. A.; ELLERBROCK, R.; RUBIO, V.; BARRO, R.; CAAMAÑO, A.; QUINCKE, A. *Data accuracy and method validation of chemical soil properties in long-term experiments: Standard operating procedures for a non-certified soil laboratory in Latin America*. *Geoderma Regional*, v. 28, e00487, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2022.e00487>. Acesso em: 31 maio 2025.

HOSSAIN, S. A.; MAZRIN, M.; HABIB, Md. H. Determination of organic carbon of soil by the Walkley & Black method. *ResearchGate*, Sept. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32699.80162/1>. Acesso em: 31 maio 2025.

JHA, P.; BISWAS, A. K.; LAKARIA, B. L.; SAHA, R.; SINGH, M.; RAO, A. S. Predicting total organic carbon content of soils from Walkley and Black analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.45, n.6, p.713–725, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103624.2013.874023>. Acesso em: 31 maio 2025.

LI, T.; CUI, L.; KUHNERT, M.; McLAREN, T. I.; PANDEY, R.; LIU, H.; WANG, W.; XU, Z.; XIA, A.; DALAL, R. C.; DANG, Y. P. A comprehensive review of soil organic carbon estimates: integrating remote sensing and machine learning technologies. *Journal of Soils and Sediments*, v.24, p.3556–3571, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11368-024-03913-8>. Acesso em: 31 maio 2025.

LORIA, N.; LAL, R.; CHANDRA, R. Handheld in situ methods for soil organic carbon assessment. *Sustainability*, Basel, v.16, n.13, 5592, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16135592>. Acesso em: 31 maio 2025.

LUNARDI NETO, A.; ALMEIDA, J. A. A. Caracterização morfológica e química de Argissolos com horizontes subsuperficiais escurecidos em Santa Catarina. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, v. 12, n. 2, p. 294–303, 2013.

MAYER, M.; PRESCOTT, C. E.; ABAKER, W. E. A.; AUGUSTO, L.; CECILLON, L.; FERREIRA, G. W. D.; JAMES, J.; JANDL, R.; KATZENSTEINER, K.; LACLAU, J. P.; LAGANIERE, J.; NOUVELLON, Y.; PARE, D.; STANTURF, J. A.; VANGUELOVA, E. I.; VESTERDAL, L. Tamm Review: Influence of forest management activities on soil organic carbon stocks: A knowledge synthesis. *Forest Ecology and Management*, v.466, 118127, 2020.

MEERSMANS, J.; VAN WESEMAEL, B.; VAN MOLLE, M. Determining soil organic carbon for agricultural soils: a comparison between the Walkley & Black and the dry combustion methods (north Belgium). *Soil Use and Management*, Oxford, v.25, n. 4, p.346–353, 2009. DOI: 10.1111/j.1475-2743.2009.00242.x . Acesso em: 31 maio 2025.

MINASNY, B.; MALONE, B. P.; McBRATNEY, A. B.; ANGERS, D. A.; ARROUAYS, D.; CHAMBERS, A.; CHAPLOT, V.; CHEN, Z. S.; CHENG, K.; DAS, B. S.; FIELD,



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA

LAGES · CAV
CENTRO DE CIÊNCIAS
AGROVETERINÁRIAS

D. J.; GIMONA, A.; HEDLEY, C. B.; HONG, S. Y.; MANDAL, B.; MARCHANT, B. P.; MARTIN, M.; McCONKEY, B. G.; MULDER, V. L.; WINOWIECKI, L. Soil carbon 4 per mille. *Geoderma*, v.292, p.59-86, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.01.002>. Acesso em: 31 maio 2025.

NAIR, P. R.; KUMAR, B. M.; NAIR, V. D. Carbon sequestration and climate change mitigation: four decades of scientific developments. In: NAIR, P. R.; KUMAR, B. M.; NAIR, V. D. *An introduction to agroforestry*, 2021. p. 487–537. DOI: [10.1007/978-3-030-75358-0_20](https://doi.org/10.1007/978-3-030-75358-0_20) Acesso em: 31 maio 2025

NARAYANAN, A.; DANG, Y.; LEE, J.; MAZAC, A.; DENG, J.; RUIZ, M. E.; FALCÃO, N. P. S.; MINASNY, B.; SHI, Z.; HUANG, J.; RAMESH, T.; MCBRATNEY, A. B. Assessing methodological uncertainties and harmonization requirements for soil organic carbon data across global datasets. *Earth System Science Data*, v.17, n.3, p.1049–1071, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2024.105752>. Acesso em: 31 maio 2025

NETO, J. F. *Desenvolvimento de metodologia para determinação de matéria orgânica do solo por análise de imagens*. 2015. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, 2015.

PAES SOBRINHO, J. B.; ALMEIDA, J. A.; ERHART, J. Mineralogia, propriedades químicas e classificação de solos das Serras do Leste Catarinense. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, v.8, n.1, p.9–24, 2009.

RAMAMOORTHY, V.; MEENA, S. Quantification of soil organic carbon – comparison of wet oxidation and dry combustion methods. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, v.7, n.10, p.146–154, 2018. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.710.016>. Acesso em: 31 maio 2025.

ROCCI, K. S.; COTRUFO, M. F.; ERNAKOVICH, J.; FOSTER, E.; FREY, S.; GEORGIOU, K.; GRANDY, A. S.; MALHOTRA, A.; REICH, P. B.; SCHLERMAN, E. P.; WIEDER, W. R. Bridging 20 years of soil organic matter frameworks: empirical support, model representation, and next steps. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, v.129, e2023JG007504, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1029/2023JG007964>. Acesso em: 31 maio 2025.

ROSINI, D. N. *Valores de referência para elementos-traço em solos de Santa Catarina como suporte À legislação e educação ambiental*. 2024. 135f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, 2024.

SATO, J. H.; FIGUEIREDO, C. C. de; MARCHÃO, R. L.; MADARI, B. E.; BENEDITO, L. E. C.; BUSATO, J. G.; SOUZA, D. M. Methods of soil organic carbon determination in Brazilian savannah soils. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.71, n.4, p.302–



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA

LAGES · CAV
CENTRO DE CIÊNCIAS
AGROVETERINÁRIAS

308, jul./ago. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2013-0306> . Acesso em: 31 maio 2025.

SOUSA, É. B.; NETTO-FERREIRA, J. B.; BARRA, C. M.; ROCHA JUNIOR, J. G.; OLIVEIRA, I. A. F.; OLIVEIRA, R. C.; COELHO, A. I. R.; MELLO, V. C. Sustainable Wet Method for Determination of Total Organic Carbon in Soils Using Potassium Permanganate as a Substitute for Potassium Dichromate. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, Short Communication, v.25, p.322–330, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42729-024-02135-8>. Acesso em: 31 maio 2025.

SOUSSANA, J.-F.; LUTFALLA, S.; EHRHARDT, F.; ROSENSTOCK, T.; LAMANNA, C.; HAVLÍK, P.; RICHARDS, M.; CHOTTE, J.-L.; TORQUEBIAU, E.; CIAIS, P. Matching policy and science: rationale for the ‘4 per 1000 - soils for food security and climate’ initiative. *Soil & Tillage Research*, v.188, p.3–15, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.12.002>. Acesso em: 31 maio 2025.

SOUZA, W. S.; SILVA, P. C.; CUNHA, J. G.; ALVES, M; A. A.; SENA, J. P.; HOLANDA NETO, M. R. Biomassa e atividade microbiana do solo em diferentes sistemas de manejo no Cerrado Piauiense. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, v.18, n.1, e04807. 2024. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n1-097>

SWICKRATH, M. J.; ANDERSON, M.; McMILLIN, S.; BROERMAN, C. Application of commercial non-dispersive infrared spectroscopy sensors for sub-ambient carbon dioxide detection. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL SYSTEMS, v.42, 2012, San Diego. *Proceedings...* San Diego: American Institute of Aeronautics and Astronautics, DOI: <https://doi.org/10.2514/6.2012-3454> Acesso em: 31 maio 2025.

SHAMRIKOVA, E. V.; KONDRATENOK, B. M.; TUMANOVA, E. A.; VANCHIKOVA, E. V.; LAPTEVA, E. M.; ZONOVA, T. V.; LU-LYAN-MIN, E. I.; DAVYDOVA, A. P.; LIBOHOVA, Z.; SUVANNANG, N. Transferability between soil organic matter measurement methods for database harmonization. *Geoderma*, v. 412, p. 115646, 2022.

SCHUMACHER, B. A. *Methods for the determination of total organic carbon (TOC) in soils and sediments*. Las Vegas: Ecological Risk Assessment Support Center, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency (ERASC), 2002.

SOLLY, E. F.; WEBER, V.; ZIMMERMANN, S.; WALTHERT, L.; HAGEDORN, F.; SCHMIDT, M. W. I. A critical evaluation of the relationship between the effective cation exchange capacity and soil organic carbon content in Swiss forest soils. *Frontiers in Forests and Global Change*, v.3, p.98, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/ffgc.2020.00098> . Acesso em: 31 maio 2025.

SOUSA, É. B. de; NETTO-FERREIRA, J. B.; BARRA, C. M.; CUNHA, A. C.; OLIVEIRA, L. A. R.; RODRIGUES, D. M.; ARAÚJO, E. C. E.; LIMA, A. L. Sustainable



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA

LAGES · CAV
CENTRO DE CIÊNCIAS
AGROVETERINÁRIAS

wet method for determination of total organic carbon in soils using potassium permanganate as a substitute for potassium dichromate. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, v.25, p.322–330, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42729-024-02135-8>. Acesso em: 1 jun. 2025.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).

TESKE, R.; ALMEIDA, J. A. A.; HOFFER, a.; LUNARDI NETO, A. Caracterização química, física e morfológica de solos derivados de rochas efusivas no Planalto Sul de Santa Catarina, Brasil. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, v. 12, n. 2, p. 175–186, 2013.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, Baltimore, v. 37, n. 1, p. 29–38, 1934.

XUE, B.; HUANG, L.; HUANG, Y.; YIN, Z.; LI, X.; LU, J. Effects of organic carbon and iron oxides on soil aggregate stability under different tillage systems in a rice–rape cropping system. *Catena*, [S.l.], v. 177, p. 1–12, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.01.035>. Acesso em: 31 maio 2025.

ZAMORA-LEDEZMA, E.; MACÍAS PRO, M.; JARRE CASTRO, E.; VERA VÉLEZ, J.; BRIONES SALTOS, R.; VÉLEZ VELÁSQUEZ, J.; LOOR DUEÑAS, R.; SALAS MACIAS, C.; PACHECO GIL, H. Advancing carbon quantification: a comparative evaluation of gravimetric and volumetric methods for soil carbon assessment in tropical ecosystems. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, v.5, 100361, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.104141> . Acesso em: 31 maio 2025.

Professora Doutora Mari Lúcia Campos

Departamento de Solos e Recursos Naturais

Universidade do Estado de Santa Catarina

Centro de Ciências Agroveterinárias