



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - AMAZÔNIA ORIENTAL
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
INSTITUTO DE MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

AGATHA GUELRETH FARIAS DE SOUZA

AValiação de diferentes corretivos na formação de pastagem

CASTANHAL-PA

2021

AGATHA GUELRETH FARIAS DE SOUZA

AValiação de diferentes corretivos na formação de pastagem

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Ciência Animal-PPGCAN da Universidade Federal do Pará (UFPA) como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Área de concentração: Nutrição Animal.

Orientador: Dsc. Cristian Faturi

Coorientadores: Dsc. Felipe

Domingues Nobrega e

Dsc. Marcos André Gama Piedade

CASTANHAL-PA

2021

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

D278a DE SOUZA, AGATHA GUELRETH FARIAS.
Avaliação de Diferentes Corretivos na Formação de Pastagem /
AGATHA GUELRETH FARIAS DE SOUZA. — 2021.
62 f. : il.

Orientador(a): Prof. Dr. Cristian Faturi
Coorientador(a): Prof. Dr. Felipe Nogueira Domingues E
Marcos André Gama Abreu
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Campus Universitário de Castanhal, Programa de Pós-Graduação
em Ciência Animal, Castanhal, 2021.

1. solo, insumos, forragem, calagem, acidez. I. Título.

CDD 631.422

AGATHA GUELRETH FARIAS DE SOUZA

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES CORRETIVOS NA FORMAÇÃO DE PASTAGEM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Ciência Animal-PPGCAN da Universidade Federal do Pará (UFPA) como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Área de concentração: Nutrição Animal.

Orientador: Dsc. Cristian Faturi

Coorientadores: Dsc. Felipe

Nogueira Domingues

Dsc. Marcos André Gama Piedade

DATA DA AVALIAÇÃO 21/ 12/ 2021

CONCEITO: APROVADA

BANCA EXAMINADORA



Professor Dr. Cristian Faturi – Orientador
UFRA – Universidade Federal Rural da Amazônia



Professor Dr. Aníbal Coutinho do Rêgo – Membro Titular
UFRA – Universidade Federal Rural da Amazônia



Professor Dr. Gilson Sergio Bastos de Matos – Membro Titular
UFRA – Universidade Federal Rural da Amazônia



Professor Dr. Thiago Carvalho da Silva – Membro Titular
UFRA – Universidade Federal Rural da Amazônia

Dedico ao amor da minha vida, meu pai, por sempre acreditar em mim e por todo o incentivo e amor. Te amo pai, obrigada por tornar isso possível e por acreditar em mim, desde o início.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sempre ter me guiado, mesmo quando eu nem tinha ideia do que eu seria. A Deus toda honra e glória por tudo até aqui. Agradeço, ao grande amor da minha vida, meu pai que sempre esteve comigo em todos os momentos da minha vida para me lembrar que eu ia conseguir. Te amo pai, és tudo para mim.

As minhas mães que amo muito, sempre me apoiaram em tudo, eu não seria nada sem vocês em minha vida. Sou apaixonada por vocês duas.

A você meu amor, Luan Delgado, por toda a força e dedicação e por sempre ter as melhores conversas, conselhos e companhia, eu te amo muito e muito obrigada pela vida ao teu lado, você deixa os dias mais leves. Saiba que você está no melhor lado da minha vida, ainda temos muito a conquistar juntos. Obrigada por todos os cafés, enquanto eu estudava noites e noites e você sempre estava ao meu lado para dizer que tudo ia dar certo, me abraçava quando eu já ia entrar em desespero kkkk e ainda aguentava todas as minhas crises e no fim, sempre com um abraço de conforto. Te amo mil milhões.

Carrego comigo uma imensa gratidão por tudo que a UFRA e o grupo GERFAM trouxeram-me profissionalmente e pessoalmente. Nesse grupo, conheci profissionais excelentes, daqueles que são exemplos de inteligência, simplicidade e esforço.

Professor Cristian, és o orientador mais paciente desse mundo e que as vezes chega a ser um pai, o orientador que não larga a mão de nenhum orientado e nos piores momentos, nos tranquiliza. Ao senhor professor, eu tenho admiração, respeito e muita gratidão, o senhor sempre será o melhor orientador que há nesse mundo. Muito obrigada por todos esses anos juntos e por sempre acreditar até mesmo quando nós não acreditamos mais.

Professor Felipe, o senhor é sensacional, antes de ir embora, deixou o experimento todo pronto para começar, sempre acreditou nesse trabalho e mesmo de longe, sempre esteve disposto a me ajudar. Muito obrigada por tudo professor, por todo apoio, simplicidade e dedicação.

Professor Thiago, o senhor é muito parceiro de todos nós, obrigada por estar nas correções de todos os cálculos, por sempre perguntar e ajudar no experimento. Desde o início, o senhor, sempre acreditou que ia dá certo. Obrigada por toda a sua disponibilidade e confiança.

Professor Aníbal, o senhor é um gigante, sempre foi dedicado a todos nós, sempre entendeu a situação de todos em particular e sempre foi muito parceiro também. Desde as análises laboratoriais, revisávamos todos os cálculos e análises juntos e foi essencial. Muito

obrigada por ter fundado o GERFAM e por fazer a minha vida diferente e a de todos que fazemos parte desse grupo. Tenho um grande respeito e admiração pelo senhor.

Ao professor Marcos por todo o apoio, por tudo mesmo, obrigada por toda a paciência, ajuda, análises laboratoriais, o senhor foi essencial comigo. Gratidão ao GEPS, aos meninos que foram sensacionais comigo, Diego, Vitória, Adriely e todos os demais que foram 10.

Aos meus amigos que sem eles nem sei o que seria de mim com esse trabalho, ao melhor do mundo, NAUARA vulgo Fofis e Nanau, de fato, és um grande amigo, estive em todos os momentos comigo, até naqueles que eu ligava e você dizia “Guede, mais 10 min tu ias me perder para a bebida” kkkkk. Te amo Nau, és um profissional admirável e inspirador. Ao querido e maravilhoso Vitor Macedo, por todo o apoio agora nessa reta final, você foi essencial.

A PHOPHA, vulgo Pitirini que até grávida estava no laboratório comigo e que vive comigo no telefone até de madrugada kkkk. Te amo Ju, és uma excelente profissional e amiga. A linda Rosas, por ter me ajudado sempre e no pior dia também, o primeiro dia de experimento, onde tudo parecia que não ia dar certo. Kkkkkk. Obrigada por tudo Rosas.

E agora aos melhores estagiários desse grupo, amo demais vocês, sem vocês eu não teria conseguido e não seria nada, obrigada Aluízio, Iza, Calabria, Hugo, Carol, Rômulo, Francly, Pedro e João. Obrigada por tudo mesmo, por irem até na pandemia, por se dedicarem tanto, como se o experimento fosse de vocês. A competência, habilidade e esforço de vocês foram essenciais para que esse trabalho fosse concluído. Amo vocês. Ao meu amor Geissy.

Ao pessoal da FEIGA, que mesmo com a pandemia me ajudava e facilitava tudo para mim, aos seguranças, Cassia, seu Romariz, Adriano, seu Nara que foi essencial em me ajudar. Sem vocês eu também não teria conseguido.

As minhas amigas e irmãs calcinhas (Andreinha, Ludi, Mel, Amanda, Márcia e Samanta) sempre me apoiando, vocês são presentes, da UFRA para toda vida, amo vocês.

Por fim, aprendi muito com todos e estarei sempre disposta a estar com vocês e a continuar aprendendo, isso não é um adeus e sim um até logo. Levo comigo lembranças boas, pessoas incríveis e um conhecimento que valeu a pena ficar mais um pouco e sempre valerá até mais uma cerveja. Gratidão, Amor, Sucesso e Luta, isso que eu aprendi com todos vocês todos esses anos, haja vista que, não se vence uma guerra sozinho, caminhamos juntos aprendendo e ensinando. Muito obrigada por tudo, foi essencial estar com vocês. AVANTE!!

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes corretivos de acidez do solo na formação de pastagem e produção de forragem do capim *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, no esquema fatorial 3*4. Foram testados três corretivos de acidez relacionados a correção do solo: controle (sem correção +NPK), calcário +NPK, cal virgem +NPK, em combinação com quatro tempos de incubações dos corretivos no solo: 14, 28, 56 e 84 dias antes do plantio com cinco repetições. Foram feitas três análises químicas do solo, para caracterização, no plantio e 84 dias pós plantio (fim do ciclo). Foram avaliadas a morfogênese, estrutura, produção e composição química da cv. Xaraés. No plantio, a cal foi maior para pHH_2O , Ca, Mg, MO e V_2 . O calcário foi maior para CTCpH_7 . Os corretivos reduziram $\text{m}\%$ e Al^{+3} . A CTC_{ef} e SB foram maiores nas incubações com cal. No fim do ciclo, Ca, Mg e V_2 , foi maior para cal e H+Al reduziu nos corretivos. A duração de vida da folha foi maior na incubação de 14 e a taxa de senescência foliar maior na incubação de 84, o tamanho final de folha foi maior para calcário. A Proteína bruta do colmo foi maior para 14 e 84 dias de incubação e proteína da lâmina foliar foi maior com 14 dias. A produção total de MS por vaso, foi maior no calcário e o comprimento de raiz foi maior na cal. Com os corretivos avaliados e o solo, é possível indicar que na utilização desses insumos para formação de pastagem, a aplicação poderia ser realizada com 14 dias antes da implantação.

PALAVRAS- CHAVES: acidez, calagem, forragem, insumos, solo

ABSTRACT

We evaluated the effect of different soil acidity correctives on pasture formation and forage production of *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés. The experimental design was in randomized blocks, in a 3*4 factorial scheme. Three acidity correctors related to soil correction were tested: control (no correction +NPK), limestone +NPK, quicklime +NPK, in combination with four incubation times of the correctives in the soil: 14, 28, 56 and 84 days before of planting and five replications. Three soil chemical analyzes were performed for characterization, at planting and 84 days after planting (end of the cycle). Also was performed analyses of morphogenesis, structure, production, and chemical composition of cv. Xaraés. At planting pH_{H_2O} , Ca, Mg, MO and V_2 were higher in treatments with lime, while CEC_{pH_7} was higher when limestone was used. Correctives reduced m% and Al^{+3} . CEC_{ef} and SB were higher in incubations with lime. At the end of the cycle, Ca, Mg and V_2 were higher for lime and H+Al reduced for correctives. Leaf life was shorter and leaf senescence rate and final leaf size were higher in the incubations. Stem crude protein was better at 14 and 84 days of incubation and leaf blade protein was better at 14 days. The total DM production per pot was higher in limestone and the root length was higher in lime. Based on soil and correctives analysis, it is possible to indicate that in the use of these inputs for pasture formation, the application could be carried out 14 days before implantation.

KEYWORDS: acidity, liming, forage, inputs, soil

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Faixa de interpretação da acidez ativa de solos.....	15
Tabela 2	Corretivos agrícolas utilizados no experimento.....	22
Tabela 3	Caracterização dos atributos químicos do solo.....	24
Tabela 4	Atributos químicos do solo no dia do plantio do capim Xaraés em função dos diferentes tipos de períodos de incubações de corretivos de acidez.....	30
Tabela 5	Interação da variável pH do solo no plantio.....	31
Tabela 6	Atributos químicos do solo, 84 dias pós plantio do capim Xaraés em função dos diferentes tipos e incubação dos corretivos acidez.....	37
Tabela 7	Variáveis do solo, 84 dias pós plantio do capim Xaraés em função dos tipos e incubação dos corretivos acidez.....	39
Tabela 8	Efeito do corretivo e tempo de incubação para a produção do capim Xaraés.....	46
Tabela 9	Variáveis morfogênicas do capim Xaraés em função dos tipos e incubação dos corretivos acidez.....	47
Tabela 10	Efeito do corretivo e tempo de incubação na composição química do capim Xaraés.....	50
Tabela 11	Variáveis morfogênicas do capim Xaraés em função dos tipos e incubação dos corretivos acidez.....	51
Tabela 12	Variáveis de produção do capim Xaraés em relação aos corretivos de solo e tempo de incubação.....	53
Tabela 13	Efeito dos corretivos e dias de incubação na % de lâmina foliar e % de colmo do capim Xaraés.....	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Al	Alumínio
C	Corretivo
Ca	Calcio
cm	Centímetro
CTCef	Capacidade de troca catiônica efetiva
cmolc	Centimol de carga
dm ⁻³	Decímetro cúbico
DVF	Duração de vida da folha
FDN	Fibra em detergente neutro
Filo	Filocrono
g	Gramma
H+Aldm ³	Acidez Potencial
K	Potássio
m	Metro
Mg	Magnésio
mg	Miligramma
m%	Saturação de Alumínio
MM	Matéria mineral
MO	Matéria orgânica
MS	Matéria seca
NFV	Número de folha viva
P	Fósforo
SB	Saturação de Bases
TAIC	Taxa de alongamento de colmo
TAIF	Taxa de alongamento foliar
TApF	Taxa de aparecimento de folha
TFF	Tamanho final de folha
TI	Tempo de incubação
TSeF	Taxa de senescência foliar
T	CTCpH7,0
V ₂	Saturação de bases desejada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS.....	14
2.1	OBJETIVO GERAL.....	14
2.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	14
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
3.1	ACIDEZ DO SOLO.....	15
3.2	CORREÇÃO DO SOLO.....	16
3.2.1	Tipos de corretivos de solo.....	17
3.2.2	Tempo de incubação.....	20
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4.1	PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS.....	22
4.2	COLETA DE ANÁLISES DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO.....	23
4.2.1	Coleta de solo para caracterização.....	23
4.2.2	Coleta de solo no plantio.....	23
4.2.3	Coleta de solo do fim do ciclo.....	23
4.2.4	Metodologias utilizadas para os atributos químicos do solo.....	23
4.2.5	Delineamento experimental.....	24
4.2.6	Condução do experimento.....	25
4.2.7	Variáveis analisadas.....	26
4.3	Produção e composição química do capim Xaraés.....	27
4.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	28
5	RESULTADO E DISCUSSÃO.....	29
7	CONCLUSÕES.....	57
8	REFERÊNCIAS.....	58

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de pecuária a pasto no Brasil, são compostos tradicionalmente por solos de acidez elevada, e com baixos teores de bases trocáveis e fósforo, o que requer uma reposição de nutrientes nesses solos, através da correção com a calagem (ALMEIDA et al. 2021).

O crescimento da cultura no solo, torna-se limitado por várias condições, como a baixa disponibilidade e lixiviação de sódio (Na), potássio (K), cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), sendo estas as bases trocáveis do solo que fazem com que a fertilidade deste, seja degradada e assim, a produção da cultura não alcance níveis satisfatórios (ZHANG et al. 2016).

Neste contexto, observa-se que a correção da acidez do solo, é um fator na produção de culturas que exigem soluções eficazes, como o uso de corretivos de acidez, por exemplo. Algumas práticas agrícolas como a calagem, são necessárias para que a cultura possa ter crescimento satisfatório, o que ocorre, porque os corretivos de acidez disponibilizam nutrientes e melhoram a fertilidade do solo (KRYZEVICIUS et al. 2019).

Na formação de pastagem, a fertilidade do solo é um pré-requisito para uma boa produção, crescimento e desenvolvimento das gramíneas, o que garante um vigor do pastoreio dos animais em pastagens, sendo a calagem um recurso agrônômico que melhora a produtividade das culturas, além de proporcionar respostas positivas por reduzir a acidez trocável e aumentar o pH do solo (BAUMONT et al. 2014).

Sendo assim, a *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés quando utilizada com calcário dolomítico, responde positivamente para a elevação do pH do solo próximos a níveis ideais 6,5 (ARAÚJO et al. 2018). De acordo com Nolla et al. (2020), a calagem incorporada e superficial para a disponibilização de fósforo e potássio, é igualmente eficiente em aumentar os valores de pH e neutralizar o Al^{+3} .

Um fator importante do corretivo de acidez, é o poder residual que depende principalmente da natureza do material (pois partículas menores tem reações mais rápidas no solo), assim como as formas de aplicações são relevantes, bem como das propriedades do solo e da colheita (LI et al. 2019).

O tempo de incubação do corretivo de acidez no solo, é necessário para tomada de decisão, no qual o mais indicado são 90 dias de incubação, no entanto quanto maior o poder de neutralização (PN) do material, maior sua eficiência em corrigir a acidez do solo (BRASIL, 2006). Porém doses menores como (0, 7, 15, 30, 45, 60, 75 dias), são eficazes para elevar a saturação por bases a níveis ideais ou até mesmo 70 a 90%, além de valores consideráveis de

Ca, Mg e P disponível, gerando respostas mais rápidas para a antecipação do plantio da cultura selecionada (SANTOS et al. 2016).

Contudo, a adição de corretivos na formação de pastagem, é utilizada em estratégias diferentes para a correção da acidez do solo, o que acelera o ritmo de crescimento da gramínea. O calcário e a cal virgem, apresentaram reações em tempos de incubações distintos, de forma que são utilizados em estratégias diferentes para a correção do solo.

Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes tempos de incubações dos corretivos do solo na formação de pastagem e produção de forragem do capim *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito de diferentes corretivos de acidez nos atributos químicos do solo e na formação de pastagem utilizando a *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Avaliar o efeito dos corretivos de acidez do solo sobre os atributos químicos do solo com pastagem de capim Xaraés;
- b) Validar a ação dos diferentes corretivos de acidez do solo em função do período de incubação prévio ao plantio do capim Xaraés;
- c) Analisar o efeito dos corretivos em diferentes incubações sobre a morfogênese, estrutura, produção e a composição química da *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 ACIDEZ DO SOLO

O alumínio tóxico afeta diretamente a raiz da planta, pois limita o seu crescimento, causa baixa fertilidade, limita o potencial produtivo e aumenta os custos de produção. A alta precipitação pluviométrica faz com que ocorra a lixiviação dos nutrientes do solo, fazendo com que os solos apresentem maiores concentrações de íons de hidrogênio (H^+), o qual inibe o crescimento das plantas, reduz o pH do solo e limita nutrientes como, magnésio (Mg), fósforo (P) e molibdênio (Mo), elementos necessários para que o solo torne-se favorável ao crescimento das plantas (RYAN, 2018).

O solo ácido resulta em diversos tipos de acidez, como a acidez ativa, potencial e trocável. A acidez ativa, cuja representação é através do pH (potencial hidrogeniônico) do solo, é composta pela atividade presente na solução do solo de H^+ (hidrogênio), cuja equação é $pH = -\log(H^+)$ (NOVAIS, et al. 2007).

O pH varia com o tempo e seu valor é alterado de acordo com o manejo do solo, com o uso de adubação e frequência dos cultivos. O monitoramento para fins de pesquisa, pode ser em KCl (cloreto de potássio) ou em $CaCl_2$ cloreto de cálcio (0,01 mol), pois os mesmos simulam a solução do solo melhor que o pH em água, sendo este último, o mais utilizado para definir o pH de solos agrícolas, devido sua facilidade de realização e baixo custo, sendo que os tipos de pH do solo são ácido, neutro e alcalino, os quais estão representados na tabela 1 (BLAKE et al. 1999).

As culturas têm exigências e sensibilidades diferentes a acidez ativa do solo, cuja interpretação química é em faixas de pH, sendo observadas na tabela 1.

Tabela 1. Faixa de interpretação da acidez ativa de solos.

Acidez Ativa	Valores de pH_{H_2O}
muito elevada	< 4,5
elevada	4,5- 5,0
média	5,1- 6,0
fraca	6,1- 6,9
Neutra	7,0
Alcalinidade Fraca	7,1- 7,8
Alcalinidade elevada	>7,8

Fonte: Alvarez et al. 1999

A acidez potencial, é a soma da acidez trocável e acidez não trocável, correspondendo aos íons Al^{3+} e H^+ . Estes íons fazem ligações covalentes no coloide do solo, precisamente aos sítios de argila ou ao húmus. Por outro lado, a acidez não trocável (H^+ associado a Al^{3+} , Fe e aos compostos orgânicos, está fortemente ligada na solução do solo, através de ligações covalentes. Os coloides do solo, retêm cargas positivas e repelem cargas negativas, entretanto se adsorverem mais H^+ e Al^{3+} , podem limitar o crescimento radicular, por fazerem ligação nos sítios do coloide do solo, evitando a adsorção das bases trocáveis, o que gera lixiviação das mesmas (LOPES et al. 1991 e RAIJ et al. 2001).

A acidez trocável, na qual caracteriza-se pela disponibilidade do Al^{3+} para troca, principalmente com os cátions de base, ou seja, é a quantidade de Al^{3+} que há no solo, sendo que o pH do mesmo, define esta quantidade de Al^{3+} , haja vista que, se a quantidade de alumínio for baixa ($\leq 5,0$) o solo será considerado ácido, se for acima de 5,5, o solo será considerado ideal para o plantio. O pH define as formas de alumínio presentes no solo. Contudo, dentre as duas principais formas de alumínio presentes no solo, Al^{3+} e o $\text{Al}(\text{OH})_3$, o Al^{3+} é a forma tóxica às plantas e com a calagem passa para a forma não tóxica de hidróxido de alumínio ($\text{Al}(\text{OH})_3$) (PREZOTTI e GUARÇONI, 2013).

Apesar de algumas culturas apresentarem tolerância a elevada acidez do solo, é necessário fazer a correção do solo para que atinjam o pH ideal (5,5 a 6,5) sendo este favorável as culturas. Uma forma de correção da acidez, é através da adição de calcário ou cal, na qual pode ser virgem ou hidratada, eq que contém óxido de cálcio (CaO) e o óxido de magnésio (MgO), em sua composição, fazendo com que reduza a acidez e que aumente a disponibilidade dos nutrientes para a CTC (capacidade de troca de cátions) do solo que representa a quantidade total de cátions retidos ou adsorvidos nos coloides do solo, sendo estes Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , H^+ e Al^{3+} . (LI et al. 2019).

3.2 CORREÇÃO DO SOLO

A calagem reduz a acidez no solo, através da adição de carbonato de cálcio e magnésio (CaCO_3 e MgCO_3), melhorando suas propriedades físicas e químicas, aumentando a produtividade da forragem e melhorando o desbalanço dos seus nutrientes (FREIRIA et al. 2008; BARRETO et al. 2008).

A cal virgem e o calcário, fazem seu papel na calagem, em reduzir a acidez do solo, adicionando Ca e Mg, nos quais ficam com o sítio de ligação do H^+ e Al^{+3} o que gera o aumento de íons OH^- como produtos dessas reações, melhorando a fertilidade do solo (PEDROSO *et al.* 2021).

Diante disso, Araújo *et al.* 2018, ao avaliarem o pH do solo na produtividade da *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés usando o fosfato reativo de Arad e calcário dolomítico em latossolo amarelo de textura média coletado a 0-20 cm, observaram que as variações de pH responderam positivamente aos tratamentos com solo + calcário para elevar o pH a níveis próximos do ideal (6,5). Por outro lado, para variáveis de altura da planta, número de folhas, matéria natural do colmo e matéria seca da folha, os maiores aumentos foram obtidos com os tratamentos com solo + arad + calcário aplicado 30 dias antes do plantio (T5).

Por outro lado, Teixeira *et al.* (2018), ao avaliarem a capacidade produtiva de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com aplicação de calagem e nitrogênio nas condições climáticas do município Humaitá-AM, Brasil, observaram que o calcário permitiu maior crescimento e desenvolvimento das plantas e aumentou a resposta ao nitrogênio.

Outro fator relacionado ao solo e importante em relação aos nutrientes Ca e Mg, é a Capacidade de Troca Catiônica (CTC), a CTC é modificada quando a proporção de Ca é maior que a de Mg devido a sua elevada concentração no solo. As forrageiras têm preferência pela absorção de Ca, porém o corretivo deve ser escolhido com cautela, para evitar que afete negativamente a produtividade e o desbalanço nutricional da cultura (MEDEIROS *et al.* 2008).

3.2.1 Tipos de corretivos de solo

O corretivo de acidez é um produto que promove a correção da acidez do solo além de fornecer cálcio, magnésio ou ambos (BRASIL, 2006). O calcário é o insumo mais utilizado na calagem para a camada superficial do solo (0-20cm), cuja função é reduzir o pH do solo para que posteriormente possa ocorrer o plantio da cultura. A aplicação de calcário aumenta significativamente os teores de Ca e Mg, sendo adsorvidos às superfícies do solo, local onde podem ser facilmente trocados com outros cátions na solução do solo (LI *et al.* 2019).

O calcário pode ser oriundo de diferentes naturezas, como o calcário biogênico marinho (produzido a partir de algas marinhas sedimentares através de rochas) e o calcário metamórfico advindo de rochas que são de mármore, sendo a recristalização das rochas de calcita e/ou dolomita) (SAMPAIO e ALMEIDA, 2008, citado por CAZOTTI et al. 2019).

A eficiência do poder de correção dos materiais, é expressa em termos de sua equivalência de carbonato. Quanto maior a equivalência, mais qualidade terá o corretivo, e maior o poder de neutralização (PN). A capacidade potencial total das bases neutralizantes para agir em solos ácidos, é expresso em equivalente de carbonato de cálcio ($\text{CaCO}_3\%$) que é puro e tomado como padrão, sendo seu poder de neutralização considerado 100%.

O grau de moagem do corretivo expressa a eficiência relativa (ER) do corretivo em atuar no solo. Por outro lado, O poder relativo de neutralização total (PRNT) ($\text{PRNT} (\%) = \text{PN} \times \text{ER}/(100)$), depende da reatividade das partículas (ER), ou seja, quanto menor a partícula, maior será o poder de reatividade do corretivo. Esse poder de reatividade, é o valor que expressa o percentual (%) do corretivo que reage no solo no prazo de três meses a até três anos (BRASIL, 2006).

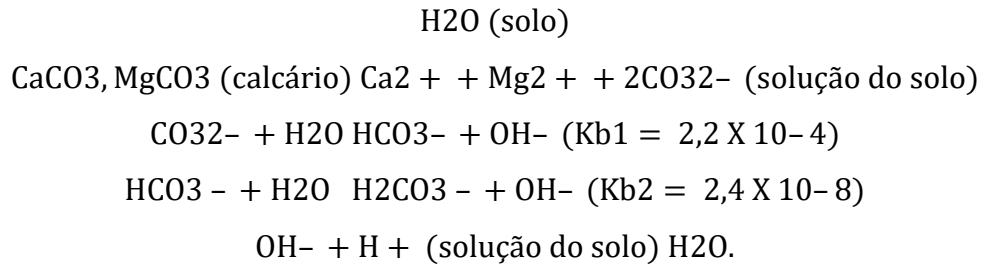
Assim, os tipos de calcário com maior uso na agricultura são o magnesiano, o calcítico e o dolomítico. O magnesiano possui de 5 a 12% de MgO. Por outro lado, o dolomítico apresenta maiores teores de Ca 12%, sendo seu poder de neutralização de 67% (mínimo), a soma de (%CaO e %MgO) de 38% (mínimo) e o poder relativo de neutralização (PRNT) de 45% (mínimo). O calcário calcítico tem menos de 5% de MgO em sua composição e maior teor de CaCO_3 . O PN (% E CaCO_3) do calcário calcítico é de 80% (mínimo), a soma de % CaO e % MgO de 43% (mínimo) e PRNT de 54% (mínimo) (BRASIL, 2006).

Ao avaliar a correção da acidez e disponibilização de fósforo e potássio em latossolo vermelho distrófico típico submetido à calagem incorporada e superficial, Nolla et al. (2020) verificaram que tanto a aplicação superficial como a incorporada de calcário foi igualmente eficiente em aumentar os valores de pH- CaCl_2 e neutralizar o Al^{+3} .

No entanto, as maiores doses de calcário foram consideradas excessivas por promoverem aumento de pH acima de 6,0. O calcário aplicado superficialmente e incorporado aumentou os teores de fósforo e potássio, atingindo a melhor disponibilidade com calagem para elevar a

saturação por bases até 60%. As maiores doses de calcário (para elevar V_2 até 70 e 80%) reduziram os teores de P e K.

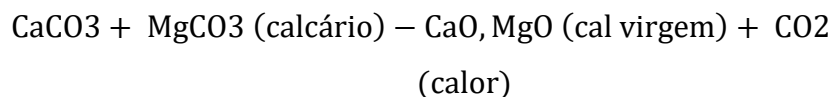
A escolha de tais corretivos depende da análise de solo, assim como do método a ser utilizado. Abaixo, encontra-se o mecanismo de ação de neutralização do calcário.



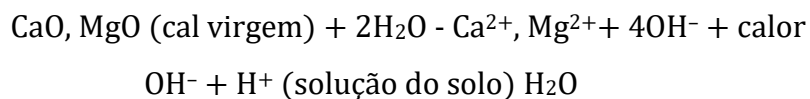
Quando o calcário é incorporado ao solo, ele libera em contato com a água as bases trocáveis (Ca^{2+} e Mg^{2+}) e CO_3^{2-} (carbonato) e posteriormente HCO_3^- (bicarbonato). As bases, carbonato e o HCO_3^- (bicarbonato) em conjunto, formam a OH^- (hidroxila), mas são bases fracas, como demonstrado pelas suas constantes de ionização Kb1 e Kb2, respectivamente. A reação de neutralização é lenta, assim, a aplicação do calcário ou de qualquer corretivo, deve ser realizada com antecedência a data do plantio (NOVAIS et al. 2007).

A cal virgem, outro corretivo utilizado na calagem, divide-se em cal ordinária, cal viva ou óxido de cálcio, tendo como característica granulometria fina e elevada reatividade. A cal virgem é proveniente de rochas carbonáticas. Através da calcinação das rochas carbonáticas a cal é formada em temperaturas altas (800 a 1000°C), com liberação de CO_2 . A cal é composta por CaO (Óxido de Cálcio) e MgO (Óxido de Magnésio). O PN da cal (% E CaCO_3) é de 125% (mínimo), a soma % CaO e % MgO de 68% (mínimo) e o PRNT de no mínimo 120% (BRASIL, 2006).

Abaixo, a representação do processo de neutralização da cal virgem:



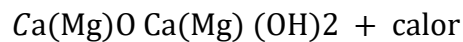
Mecanismo da ação neutralizante da cal virgem agrícola:



A queima do calcário, gera como produto a cal virgem (Composta de CaO + MgO e gás carbônico). A cal virgem em contato com água, libera $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, OH^- e calor. Na solução do solo a hidroxila e o hidrogênio, em conjunto, geram como produto água no solo. A liberação de OH^- é rápida, precisamente de forma imediata e total, por isso é definida como uma base de caráter forte (NOVAIS et al. 2007).

Por outro lado, ao falar sobre a cal hidratada agrícola ($\text{Ca}(\text{Mg})(\text{OH})_2$), observa-se que ela é obtida pela hidratação da cal virgem. A adição de água na cal virgem é através da água contida no solo, e a adição de água na cal hidratada ocorre durante o processo de fabricação.

A ação de neutralização desta última, é semelhante a ação da cal virgem, tendo assim ação imediata, devido a dissolução do hidróxido (ABNT, 2003).



A cal hidratada tem PN (% E CaCO_3) de no mínimo 94%, a soma da % CaO + % MgO de no mínimo 50% e PRNT mínimo de 90 % (BRASIL, 2006). Antes de escolher um corretivo, deve-se levar em consideração, a finalidade de cada corretivo, por exemplo, o calcário tem suas especificações, assim como a cal virgem e cal hidratada, os mesmos contém diferentes composições, como, óxidos, hidróxidos, carbonato de cálcio, dentre outros, como já foi citado, contudo, é importante a análise de fertilidade do solo para definir quais corretivos deve-se usar, levando em consideração a cultura utilizada.

3.2.2 Tempo de incubação do corretivo

O tempo de incubação do corretivo, é essencial para uma boa resposta da cultura ao solo, haja vista que essa pode expressar melhor suas características agronômicas e químicas, devido a alcalinidade do solo. A reação do calcário com o solo, requer tempo para reação do corretivo e depende da disponibilidade de água no solo (NOVAIS, et al. 2007). O efeito residual do corretivo depende de fatores como o tipo de solo, adubação, dose do corretivo, assim como, o tempo de duração da correção efetuada.

De acordo com legislação de corretivos do (MAPA, 2006) o tempo mais indicado para ação do corretivo no solo, é a partir de 90 dias, mas há pesquisas como a de Santos *et al.* (2016), que avaliaram, as doses de calcário no solo de (0, 7,15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias) para aumentar

a saturação de bases para 50, 70 e 90%. Contudo, observaram que a saturação de bases de 70 a 90% foram eficazes com as aplicações dos corretivos de solo e que com a calagem houveram um aumento nos teores de Ca, Mg e P disponível no solo.

Ao investigar os efeitos interativos de fatores ambientais e gerenciais no solo, como o pH e rendimento da cultura da calagem em diferentes sistemas de cultivo. Li et al. (2019), observaram que a calagem, em condições controladas de casa de vegetação e em campo reduz a acidez do alumínio tóxico (Al^{+3}) e aumenta significativamente as bases trocáveis do solo.

Ao realizar calagem de 90 dias em vasos experimentais, Dinkecha e Tsegaye (2017) obtiveram como resultados que a neutralização da acidez foi eficaz, assim como a disponibilidade de cátions e ânions para as plantas. Além disso, todos os solos com a calagem aumentarem o pH ligeiramente nos primeiros dois meses devido a diminuição da acidez no solo.

Um fator importante a ser considerado quanto ao tempo de aplicação do calcário, é a sua granulometria, materiais mais grossos reagem de forma mais lenta no solo e os mais finos com maior rapidez, logo, o tamanho de partícula do calcário deve ser levado em consideração para a decisão do tempo de aplicação do corretivo no solo, além disso, se o solo estiver úmido, aumenta a superfície de contato do solo com o calcário e a reação será mais rápida. (GONÇALVES et al. 2011).

A qualidade e o valor agronômico dos corretivos como neutralizantes da acidez, não baseia-se apenas nos altos teores de Ca e Mg. A solubilização no solo será mais rápida ou não, conforme a maior ou menor granulometria da moagem que segundo a instrução normativa de julho de 2006 é feita através de peneiras. Os corretivos de acidez, alcalinidade e sodicidade terão a natureza física sólida, apresentando-se em pó, caracterizado como produto constituído de partículas que deverão passar 100% (cem por cento) em peneira de 2 (dois) milímetros (ABNT nº 10), no mínimo 70% (setenta por cento) em peneira de 0,84 (zero vírgula oitenta e quatro) milímetros (ABNT nº 20) e no mínimo 50% (cinquenta por cento) em peneira de 0,3 (zero vírgula três) milímetros (ABNT nº 50).

Os corretivos para conter a expressão “ULTRAFINO” ou “FILLER” agregada ao seu nome, deverão ser constituídos de partículas que deverão passar 100% (cem por cento) na peneira de 0,3 (zero vírgula três) milímetros (ABNT nº 50). Entende-se que o corretivo precisa

passar em tais peneiras definidas pela legislação, devido as partículas com diâmetros maiores, como de 2 mm, demorarem mais tempo para reagir.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em estufa com estrutura de aço galvanizado, localizada na fazenda escola de Igarapé-Açu (FEIGA), da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Pará, cujas coordenadas geográficas aproximadas são 01°07'21" de latitude sul e 47°36'27" longitude oeste, a 47 metros de altitude. O clima da região é classificado como Am, segundo a classificação Köppen. O clima tropical é caracterizado por climas megatérmicos, com temperatura média do ar em todos os meses do ano superior a 18°C, sem estação invernososa e com precipitação anual superior à evapotranspiração potencial anual, a precipitação anual média acima de 2400 milímetros (mm).

4.1 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Para a recomendação dos corretivos, utilizou-se o método de saturação por bases proposto por Raij (1981):

$$NC=T (V_2-V_1) /PRNT$$

Em que CTCpH_{7,0}: T= (H⁺+Al⁺³) + (K⁺) + Ca²⁺ + Mg²⁺ + Na⁺ em cmolc dm⁻³; V₂ = saturação desejada ou esperada (capim Xaraés = 50%); V₁ = saturação por bases atual do solo (%); PRNT = 97,86 (calcário) e 122,25 (cal virgem).

Na tabela 2, encontra-se a composição dos corretivos agrícolas, utilizados no experimento:

Tabela 2. Corretivos agrícolas utilizados no experimento

Produto	PN (%)	PRNT (%)	CaO (%)	MgO (%)
Calcário dolomítico	98,97	97,86	34,11	16,48
Cal virgem	125	122,25	46,17	30,55

Fonte: laboratório IBRA

4.2 COLETAS DE ANÁLISES DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

4.2.1 Coleta de solo para caracterização

Foram realizadas três coletas de solo, a primeira para caracterizar o solo do experimento, a segunda no dia do plantio e a terceira, no fim do ciclo, 84 dias após o plantio. Essas coletas tinham como objetivo, avaliar a ação dos corretivos no solo de acordo com seus respectivos tempos de aplicação.

No dia 22 de outubro de 2019, foi coletado com uma sonda para amostragem de solo (diâmetro 4,5 cm e comprimento de 57 cm), 10 pontos aleatórios a 0-20cm na área de 6*6 m que foi escolhida para a coleta do solo de todo o experimento, com o objetivo de verificar o pH do solo. Após a aferição do pH, no dia 8 de novembro de 2019 foi realizada uma amostragem composta, sendo coletado 20 pontos aleatórios na área.

Foi coletado um total de cinco amostras do solo de 300kg (EMBRAPA, 2017), em seguida foi coletada a quantidade em densidade de um total de 3.797 m³ de solo para todo o experimento. Sendo esta quantidade de solo levada a estufa de condução do experimento, onde o solo ficou secando por três dias, devido não estar muito molhado e dentro da estufa a temperatura ser em torno de 38°C e posteriormente este solo foi peneirado, com peneira de 55 mm para retirada de talos, raiz e pedras, ou seja, retirada de toda a sujeira vinda do campo.

4.2.2 Coleta de Solo no Plantio

No dia do plantio, antes da semente ser plantada, para cada saco de muda, foi retirado o solo, homogeneizado e pesado, em cada unidade experimental, coletou-se uma amostra de 300 Kg de solo e posteriormente foi feita a análise química.

4.2.3 Coleta de Solo no Fim do Ciclo

No fim do ciclo, como foi feito a coleta de raiz, os sacos de muda, foram cortados na lateral, e o solo foi retirado em pontos aleatórios, sem afetar a raiz da planta, posteriormente esse solo coletado, foi homogeneizado e pesado, de cada unidade experimental foi retirada uma amostra de 300Kg de solo para análise química.

4.2.4 Metodologias Utilizadas Para os Atributos Químicos do Solo

As análises dos atributos químicos do solo de todo o experimento, foram realizadas conforme metodologia apresentada por Embrapa (2017), no laboratório de solos, do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Para isso foi determinado o (pHH₂O) (relação solo: solução de 1:2,5); o P e K⁺ foram extraídos com Mehlich-1, e determinados em espectrofotômetro e por fotometria de chama, respectivamente, Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ foram extraídos com cloreto de potássio (KCl 1 mol L⁻¹) e determinados por titulação com EDTA (Ca²⁺ e Mg²⁺) com (NaOH) para (Al³⁺); a acidez potencial (H+Al) foi extraída com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0.

A partir desses dados, calcularam-se: a capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T), capacidade de troca de cátions efetiva (t) e saturação por bases (V%) e por alumínio (m%). Os teores de carbono orgânico (CO) foram determinados pelo método volumétrico de dicromato de potássio. O nível tecnológico usado para as recomendações dos cálculos da calagem e fertilização, foi de nível médio de acordo com (RIBEIRO et al. 1999).

Tabela 3. Caracterização dos atributos químicos do solo.

Prof.	pH	M.O	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V	m
cm	H ₂ O		mg/dm ³			cmol _c /dm ⁻³					%	
0-20	5,1	19,4	0,64	0,05	0,93	0,62	1,07	5,01	1,6	10,56	15,06	40,06
Granulometria												
			Argila	Silte	Areia							
			16%	5%	79%							

Fonte: laboratórios IBRA/Solocracia-GO

A análise granulométrica do solo foi feita pelo método do densímetro (EMBRAPA, 2017), através do triângulo textural, o solo foi classificado como franco arenoso de textura média. Sendo um latossolo amarelo distrófico (SiBCS, 2018).

4.2.5 Delineamento Experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com cinco blocos, dispostos de forma a eliminar o efeito da radiação solar ao longo do dia, com esquema fatorial 3*4, sendo dois corretivos de solo e o controle e quatro incubações dos corretivos de acidez, ou seja, os tratamentos foram compostos por controle (ausência de correção + NPK) e dois tipos de

corretivos de acidez, (calcário agrícola dolomítico + NPK e cal virgem dolomítica + NPK), combinados com quatro períodos de incubação dos corretivos no solo (14, 28, 56 e 84 dias, antes do plantio) totalizando 60 unidades experimentais.

4.2.6 Condução do Experimento

Na condução do experimento foram utilizados sacos de mudas de polietileno preto, resistentes aos raios ultravioletas, com 0,2 mm de espessura e dimensões de 40 x 40 cm, com capacidade de 15 kg. As dimensões dos sacos foram utilizadas para determinar a quantidade de corretivo e adubo referente a cada tratamento. A forrageira utilizada para a avaliação dos tratamentos foi a *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, com sementes adquiridas comercialmente.

A saturação de bases do capim Xaraés é de 40 a 60% (Valle et al. 2004), para o experimento em questão a correção da acidez foi planejada para elevar a saturação por bases para 50%, a partir do cálculo da necessidade de calagem, pelo método da saturação por bases, sendo utilizada a dosagem de (3,1t ha⁻¹) de cal virgem e (3,76 t ha⁻¹) de calcário dolomítico. Essas quantidades foram aplicadas conforme os períodos de incubação previstos para avaliação neste estudo. Na aplicação dos corretivos, utilizou-se sacos de 30kg de polietileno, nos quais foram colocados o solo e a dose definida de cada corretivo, sendo então homogeneizados. Após isso, foram colocados nos sacos de mudas de polietileno preto de 15kg, em seguida irrigados e colocados em seus respectivos blocos.

Ao final do período de incubação dos corretivos foram realizadas as adubações para fornecimento de nitrogênio, fósforo e potássio para todos os tratamentos. Para isso foi utilizado ureia (46% N), superfosfato simples (18% P₂O₅) e cloreto de potássio (60% KCl), na quantidade equivalente a 43kg ha⁻¹, 70kg ha⁻¹ e 33Kgha⁻¹ (RIBEIRO et al. 1999). A adubação foi parcelada em duas vezes, sendo a primeira, no plantio, com apenas 20% do nitrogênio e potássio, mais 100% de todo o fósforo, a segunda com o restante da quantidade do nitrogênio e potássio, aplicado 30 dias após a semeadura.

A irrigação dos sacos de muda foi feita de forma manual, sendo a quantidade de água nos vasos definida a partir da determinação da capacidade de campo da amostra de solo, obtida pelo método de TSFM (Torrão separado pela frente de molhamento) proposto por Costa *et al.*

(1983). Após isso, a adição de água nos vasos, foi suficiente para a umidade à 70% da capacidade de campo, mediante controle dos pesos do conjunto saco + terra + água.

A umidade foi mantida constante durante a fase de incubação do corretivo e até o final do experimento. A irrigação ocorria uma vez ao dia e após o plantio de acordo com a capacidade de campo de 70%. A semeadura foi realizada no dia 04 de abril de 2020, sendo semeadas 10 sementes por saco. Contudo, após a emergência das plântulas, foram realizados os desbastes deixando apenas três plantas por saco.

Nas análises destrutivas das plantas representadas, foi feito o corte dos sacos de mudas pela lateral e foi removido o solo se evitando a quebra da raiz das plantas e na última coleta, foi coletado o solo de cada saco de muda para análises de fertilidade. Desta forma, as raízes eram lavadas e posteriormente a planta era fracionada em raiz, folha e colmo, colocadas em sacos e congeladas para as análises laboratoriais.

4.2.7 Variáveis Analisadas

a) Características Morfogênicas e Estrutural do Capim Xaraés

Para a avaliação das características morfogênicas e estrutural do capim Xaraés, foram marcados em cada saco de muda, três perfilhos, por meio de abraçadeira de plástico. O comprimento das folhas expandidas, foi mensurado da ponta da folha até sua lígula, utilizou-se o mesmo procedimento para as folhas em expansão, porém considera-se como referencial de mensuração, a lígula da última folha expandida. O comprimento do colmo, foi mensurado da base do solo (superfície) até a lígula da folha mais jovem completamente expandida.

Três perfilhos foram identificados em cada uma das unidades experimentais, após a expansão. Foram escolhidos visualmente para representar a comunidade de plantas em cada unidade experimental, sendo três perfilhos por unidade experimental, totalizando 180 perfilhos. A cada sete dias, os perfilhos eram medidos uma vez por semana do comprimento final das folhas expandidas e emergentes. Essas avaliações foram iniciadas no 56º dia após o surgimento dos perfilhos.

No procedimento de avaliação das folhas, foram numeradas e identificadas como: folhas expandidas (quando sobrevir lígula visível); folhas em expansão (sem lígula visível); folhas em senescência (quando na extremidade da lâmina foliar aparecer algum indício de senescência) (LEMAIRE e CHAPMAN, 1996).

Com base nos dados coletados foram determinados:

- 1) Taxa de alongamento foliar-TAIF (cm/folha/dia), sendo a variação média no comprimento da folha em expansão durante o período de avaliação;
- 2) Taxa de aparecimento foliar-TApF (folha perfilho⁻¹ dia⁻¹): quociente entre o número de folhas por perfilho surgidas no período avaliado e o número de dias do período;
- 3) Filocrono (dias folha⁻¹ perfilho⁻¹), sendo este o inverso da taxa de aparecimento de folhas;
- 4) Duração de vida da folha-DVF (dias);
- 5) Taxa de senescência foliar- TSeF (cm/colmo dia⁻¹);
- 6) Taxa de alongamento de colmo- TAIC (cm/colmo dia⁻¹);
- 7) Tamanho final de folha-TFF (cm);
- 8) Número de folhas vivas-NFV: contagem do número de folhas vivas, não senescentes;
- 9) Altura do capim foi mensurada do solo até o ápice por meio de régua graduada em centímetros.

4.3 Produção e composição química do capim Xaraés

Foi feita a separação morfológica da planta, as amostras foram separadas em frações lâmina foliar, colmo e raiz. A produção da forragem foi estimada pelo número de perfilhos, produção em massa seca de lâmina foliar e colmo, produção total (g/vaso⁻¹), relação lâmina foliar: colmo, produção de raiz (g/vaso⁻¹), relação parte aérea:raiz e comprimento de raiz (cm).

As análises químicas da planta, foram da seguinte forma, dos componentes morfológicos. Na raiz foi feita apenas a matéria seca (MS) e os demais componentes da planta foram destinados para a determinação da composição química. A determinação da MS foi de acordo com o método 967.03 (AOAC, 1990), no qual aproximadamente 300 g de amostra fresca foi acondicionada em sacos de papel e posteriormente levadas à estufa de ventilação forçada de ar à 55 °C, por 72 horas, para pré-secagem. Em seguida, as amostras pré-secas foram moídas em moinho de facas tipo Willey, provido de peneira com 1 mm de porosidade, destas amostras

aproximadamente 2 gramas foram levadas a estufa de 105°C por 16 horas ininterruptas para correção dos teores de umidade da pré-secagem. Foi feita matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) de acordo com o método 990.03 e fibra em detergente neutro (FDN) (AOAC, 1990).

4.4 Análise estatística

O modelo estatístico utilizado para analisar as variáveis relacionadas ao crescimento e desenvolvimento vegetal foi:

$$Y_{ijl} = M + B_i + C_j + T_l + CT_{jl} + e_{ijl}$$

onde: Y_{ijl} é o valor da variável resposta da unidade experimental no bloco i , que recebeu tratamento j no tempo de incubação l ;

M é o efeito da média geral;

B_i é o efeito do i -ésimo bloco;

C_j é o efeito do j -ésimo tratamento (formas de correção do solo);

T_l é o efeito do l -ésimo tempo de incubação;

CT_{jl} é o efeito da interação entre j -ésimo tratamento com o l -ésimo tempo de incubação;

e_{ijl} é o efeito aleatório do erro associado a unidade experimental que assume distribuição normal com média igual a 0 e variância igual σ^2 .

Os dados foram analisados por meio do procedimento MIXED do software SAS (SAS Institute Inc. 2015). Foram testados os pressupostos de normalidade dos resíduos studentizados pelo teste de Shapiro-Wilk por meio do procedimento UNIVARIATE. As variáveis potássio (K), alumínio (Al) e saturação por Al (%m), não apresentaram distribuição normal dos resíduos. Portanto, essas variáveis foram transformadas elevando seus dados originais ao valor lambda (λ), onde o melhor valor de λ foi determinado pelo teste de Box-Cox (BOX e COX, 1964) à 0,05 de significância, por meio do procedimento TRANSREG. O valor de λ igual a zero para as variáveis **K** e **Al** sugere a transformação dos dados originais a partir do cálculo de seu logaritmo natural. Já a variável **m** teve seus dados elevados a 0,25 ($\lambda = 0,25$).

O efeito dos fatores foi testado pelo teste F a 0,05 de significância. Quando significativos pelo teste F, os efeitos de corretivo do solo foram testados por meio da comparação de médias pelo teste de tukey a 0,05. O efeito do tempo de incubação foi testado por meio de análise de

regressão para ajustes de modelos linear e quadrático. Os dados referentes aos tempos de incubação para cada tipo de corretivo foram submetidos à análise de regressão polinomial do primeiro e segundo grau. O grau de ajuste do modelo de regressão foi escolhido de acordo com o menor valor do critério de informação de Akaike. Para auxílio às análises estatísticas foi utilizado o procedimento MIXED do software SAS.

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

Os corretivos proporcionaram melhorias na fertilidade do solo nas bases trocáveis do solo (Ca, K e Mg), MO (matéria orgânica) e V% (saturação de bases desejada), CTC_{pH7} (capacidade de troca catiônica), CTC_{ef} (capacidade de troca de catiônica efetiva) e SB (soma de bases) independente do período de incubação prévio ao estabelecimento do capim Xaraés e redução de H+Al (acidez potencial), m% (saturação por alumínio). Além da diminuição na acidez do solo, com redução do alumínio trocável (Al³⁺).

A utilização da cal virgem, destacou-se principalmente para Ca, Mg, MO e V% observada na tabela 4 para o dia do plantio. No entanto quanto as interações verificaram-se que os resultados demonstraram que no momento do plantio da cv. Xaraés, houve interação significativa entre tipos de corretivo e período de incubação para as variáveis pH_{H2O}, SB e CTC_{ef}, apresentaram interações (P<0,03), sendo estes resultados observados na tabela 5.

Tabela 4. Atributos químicos do solo no dia do plantio do capim Xaraés em função dos diferentes tipos e períodos de incubações de corretivos de acidez.

Variáveis de solo	Corretivo			Tempo de incubação (dias)				P-valor		
	Controle	Calcário	Cal virgem	14	28	56	84	C	TI	C*TI
pHH ₂ O	5,51	6,60	8,19	6,77	6,94	6,97	6,78	<0,01	0,02	0,03
Al cmol _c /dm ⁻³	0,69 A	0,15 B	0,13 B	0,33	0,35	0,28	0,32	<0,01	0,14	0,22
Ca cmol _c /dm ⁻³	0,53 C	2,17 B	2,39 A	1,70	1,70	1,61	1,77	<0,01	0,07	0,22
Mg cmol _c /dm ⁻³	0,24 C	1,12 B	2,17 A	2,33	2,03	2,05	2,10	<0,01	0,06	0,08
K cmol _c /dm ⁻³	0,02 B	0,03 A	0,03 A	0,03	0,02	0,02	0,03	<0,01	0,11	0,32
P mgdm ⁻³	6,26 A	5,65 B	6,05 A	6,32	5,98	5,88	5,77	<0,01	0,03	0,07
MO g/kg ⁻¹	12,97 B	10,39 C	15,58 A	12,34	13,20	12,22	14,17	<0,01	0,05	0,29
V ₂ %	15,43 C	64,39 B	92,54 A	55,58	58,47	57,57	58,18	<0,01	0,33	0,06
CTCpH ₇ cmol _c /dm ⁻³	4,87 B	5,28 A	4,96 AB	5,26	4,89	4,82	5,18	0,03	0,05	0,35
H + Al cmol _c /dm ⁻³	4,12 A	1,88 B	0,38 C	2,33	2,03	2,05	2,10	<0,01	0,03	0,12
m%	47,50 A	4,22 B	2,64 B	18,30	19,30	17,07	17,83	<0,01	0,12	0,13
SB cmol _c /dm ⁻³	0,75	3,28	4,66	2,76	2,97	2,77	3,08	<0,01	0,06	0,02
CTC _{ef} cmol _c /dm ⁻³	1,44	3,44	4,71	3,11	3,21	3,06	3,40	<0,01	0,03	0,34

*Corretivo (C), tempo de incubação (TI), corretivo e tempo de incubação (C*T).

Tabela 5. Interação da variável pH do solo no dia do plantio.

Corretivo	Tempo de incubação				Equação de regressão	R ²
	14	28	56	84		
pHH ₂ O						
1	5,52 c	5,58 c	5,55 c	5,69 c	$y = 0,002x + 5,4932$	0,225
2	6,60 b	6,93 b	7,02 b	6,73 b	$y = 0,0012x + 6,7659$	0,0156
3	8,19 a	8,29 a	8,34 a	7,93 a	$y = -0,0036x + 8,3522$	0,1388
SB cmol _c /dm ⁻³						
1	0,78 c	0,72 c	0,73 c	0,77 c	$y = 7.10^{-5}x + 0,4771$	0,0013
2	3,45 b	3,34 b	3,12 b	3,69 b	$y = 0,0027x + 3,2772$	0,0142
3	4,56 a	4,53 a	4,47 a	4,77 a	$y = 0,0027x + 4,4569$	0,0374
CTC _{ef} cmol _c /dm ⁻³						
1	1,50 c	1,48 c	1,33 c	1,44 c	$y = -0,0013x + 1,4945$	0,0808
2	3,61 b	3,48 b	3,25 b	3,85 b	$y = 0,0028x + 3,4205$	0,0153
3	4,66 a	4,66 a	4,59 a	4,91 a	$y = 0,0031x + 4,5654$	0,0441

* Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre os tipos de corretivo, pelo teste de Tukey a 0,05.

Para a variável pHH₂O representada na tabela 5, observou-se um comportamento linear para os efeitos dos corretivos ao longo do tempo. Apresentando nas incubações valores alcalinos acima de 8,0 e 7,93 na incubação de 84 dias, não diferindo entre as incubações testadas, com a aplicação da cal virgem, sendo estes resultados superiores aos demais tratamentos e acima do ideal, que seria pH = 6,5.

Para o calcário dolomítico, o pHH₂O foi próximo da neutralidade, porém não diferiu entre as incubações, com valores em torno de 6,6 a 7,2. Como observado na tabela 5, os corretivos de solo em relação ao pHH₂O, foram melhores que o tratamento controle, que por sua vez, manteve seu pHH₂O ácido, como esperado, haja vista que, não houve aplicação de corretivos no tratamento controle.

Os valores de pHH₂O desse estudo estão relacionados com a granulometria do corretivo que é um fator importante a ser considerado, pois materiais mais finos, resultam em reações mais rápidas no solo (LI *et al.* 2019). Este fator, aliado à alta concentração de CaO e MgO dos corretivos utilizados neste estudo (Tabela 2), justificam os altos valores de pHH₂O do solo, observados nas avaliações realizadas, principalmente em função da aplicação da cal virgem, que elevou o pHH₂O para faixa alcalina no dia do plantio.

Observou-se na tabela 5, a soma de bases (SB) (P<0,02), na qual foi melhor nos tratamentos com corretivos de solo que não diferiam entre as incubações, com comportamento linear para todos os tratamentos testados, destacando a cal virgem, com valores mais elevados 4,66 cmol_c/dm⁻³, seguida do calcário e por último o controle, o que justifica, devido este ser um tratamento sem

calagem. Tais valores são considerados de classificação boa para a cal virgem, devido estarem na faixa de 3,61- 6,00 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$, já para o calcário dolomítico, nos quais foram considerados médios, por estarem na faixa de 1,81 – 3,60 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ (RIBEIRO et al. 1999).

O que também justifica esses valores mais elevados de SB na cal virgem, é que em sua composição conter mais Ca 46,17% e Mg 30,55%, comparado ao calcário dolomítico, com 34,11% e 16,48%. Esses resultados foram positivos em relação a calagem, deixando evidente que os corretivos de solo, fizeram o seu papel em acrescentar bases trocáveis no solo.

Verificou-se na tabela 5 que a variável CTC_{ef} ($P < 0,03$), diferiu em todos os tratamentos dos corretivos de acidez, com comportamento linear para todos eles, com destaque para os corretivos em relação ao controle. Os valores de CTC_{ef} para a cal virgem, foram classificados como bons, por estarem na faixa de 4,61- 8,00 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ e o calcário dolomítico considerado de classificação média, devido estar na faixa de 2,31- 4,60 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$, valores estes consideráveis ao solo, pois a CTC_{ef} é a capacidade que o solo tem de reter cátions de base próximo do seu valor de pH atual (RIBEIRO et al. 1999).

As variáveis de solo que tiveram efeito isolado, estão representadas na tabela 4. Os corretivos não diferiram entre si ($P < 0,01$), ou seja, com a adição dos corretivos, os teores de alumínio reduziram no solo. Quanto ao tratamento controle, verificou-se valores de 0,69 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ na caracterização do solo (tabela 2), sendo um solo ainda ácido. Os teores de alumínio trocável, é um importante indicador da intensidade de acidificação do solo, no qual foi menor nos corretivos em relação ao controle.

O alumínio trocável (Al^{+3}) ou acidez trocável, tem relação inversa com o pH do solo, ou seja, seus teores aumentam consideravelmente quando há diminuição nos valores de pH (solo ácido). Isso justifica os altos valores de Al^{+3} no tratamento controle, com predominância de pH mais baixo (5,1), e valores baixos de Al^{+3} quando houve adição de corretivos de acidez, nos quais não diferiram entre si ($P < 0,01$) (Tabela 4).

Tais valores de Al^{+3} nos tratamentos com calagem estavam $< 4,5$, ou seja, o solo com calagem no plantio, foram classificados como solos de acidez muito fraca (RIBEIRO et al. 1999). Resultados semelhantes foram observados por Dinkecha e Tsegaye (2017), que observaram redução significativa na acidez trocável e aumentos nos valores de pH, após 90 dias de incubação do calcário.

Verificou-se que para as concentrações de cálcio e magnésio no solo ($P < 0,01$), a utilização dos corretivos proporcionou acréscimos significativos. Observando-se que a soma Ca + Mg alcançou valores superiores a $3,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^{-3}$ no uso do calcário dolomítico, e superiores a $4,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^{-3}$ no caso da cal virgem.

Nas variáveis de solo, o Mg, atua na síntese proteica, é o componente principal da clorofila, atua em processos metabólicos, como a formação de ATP nos cloroplastos, melhorando o crescimento da área foliar e a taxa fotossintética. O Ca tem papel fundamental no desenvolvimento da planta, é importante como componente estrutural, faz parte de compostos da parede celular, divisão celular e crescimento de raiz e tem papel fundamental na função na estruturação (ISAYENKOV, 2010).

Os corretivos de acidez utilizados no experimento, continham em sua composição química, teores consideráveis de óxido de cálcio e óxido de magnésio, principalmente a cal virgem que continha 46,17% CaO e 30,55% MgO (Tabela 2), quantidades estas adicionadas ao solo, justificam os altos valores de Ca e Mg encontrados no plantio.

Os valores de Ca para os corretivos de acidez, foram considerados médios por estarem na faixa de $1,21 - 2,40 \text{ cmol}_c/\text{dm}^{-3}$, no entanto para Mg o calcário dolomítico foi classificado, como bom, na faixa de $0,91 - 1,50 \text{ cmol}_c/\text{dm}^{-3}$, já a cal virgem, foi classificada como muito boa, devido seus valores de Mg estarem na faixa $> 1,50 \text{ cmol}_c/\text{dm}^{-3}$. (RIBEIRO, et al. 1999).

Observou-se que não houve diferença para os teores de potássio no solo ($P < 0,01$), com a aplicação dos corretivos, observados na tabela 4, porém teores maiores que o tratamento controle. Para os teores de fósforo no solo, observou-se que a utilização da a cal virgem não proporcionou efeito quando comparado ao tratamento controle. Porém o uso do calcário dolomítico diferiu dos demais tratamentos.

Assim como Das e Saha, (2014), ao avaliarem o efeito da calagem nas mudanças de diferentes formas de potássio em um solo ácido tratado com fertilizantes N e K, observaram que o K solúvel em água aumentou no solo com calagem, em todo o período de incubação de 90 dias e que a aplicação combinada de fertilizantes de nitrogênio e potássio, aumentaram significativamente o K solúvel em água, esta combinação de N e K influencia a fixação de K no solo e a liberação de K devido a interação antagônica entre NH_4^+ e K^+ , pois competem pelos mesmos sítios de fixação.

Observou-se que a variável fósforo ($P < 0,03$), não diferiu entre os tratamentos controle e cal virgem, porém o calcário diferiu dos demais tratamentos, com menores valores para fósforo. O fósforo no sistema solo-solução-planta é definido como fósforo não lábil que consiste à fração P que está fixado ao solo e indisponível, P-lábil que é a fração do fósforo que não estão prontamente disponíveis, mas é disponibilizado à medida que o P é absorvido da solução, e o P-solução que estão prontamente disponíveis para ser absorvido pelas raízes das plantas. (PENN et al. 2019).

A solubilidade e disponibilidade do fósforo no solo, tem relação com o pH do mesmo, já que isso interfere na ocorrência de processo de adsorção, precipitação e capacidade de absorção pelas plantas, a prática da calagem, beneficia este macronutriente no solo, principalmente pela redução da precipitação e retenção de P (SIMONSSON et al. 2018) por Fe e Al livres em solução.

No estudo, observou-se que a cal virgem não diferiu do controle no plantio, o que justifica em relação ao seu pH básico, ou seja, o fósforo fez ligação com o cálcio, formando o fosfato de cálcio $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ e no controle, como o pH era ácido, este macronutriente faz ligação com o alumínio (PENN, et al. 2019). Sendo o melhor resultado para o fósforo no plantio para a aplicação do calcário.

Observou-se que a matéria orgânica do solo ($P < 0,01$), diferiu entre os tratamentos, com maiores valores para cal virgem e menores para calcário, quando comparados ao tratamento controle. No entanto esses valores de MO dos tratamentos foram classificados como muito bom por estarem acima $> 7,00 \text{ cmol}_c/\text{dm}^{-3}$. (RIBEIRO, et al. 1999).

Os resultados para calcário no plantio foram mais baixos em relação a MO. O efeito residual de materiais de calagem de dissolução grossa / lenta sobre o rendimento pode exceder aquele de materiais de calagem mais finos, porque essas partículas de cal, reagem lentamente na neutralização da acidez do solo e tendem a permanecer no solo por mais tempo (LI et al. 2019).

A biomassa vegetal é a principal fonte de carbono orgânico no solo e a decomposição da matéria orgânica é causa das perdas desse carbono orgânico no solo, sendo o pH um fator diretamente ligado a esses processos. Com a calagem, a cultura aumenta a sua produtividade no perfil do solo e na respiração deste. A entrada de C no perfil do solo e o aumento de suas ações são também estimulados pela calagem (EGAN et al. 2018; KUNHIKRISHNAN et al. 2016).

Neste estudo, observou-se que o pH obtido no plantio aumentou a MO pra cal virgem, sendo calcário o de menor produção, isso pode ser explicado devido a reação da cal no solo, pela sua granulometria, haja vista que, a utilizada neste estudo, foi micropulverizada, ou seja, era finamente moída. Menores partículas tem maior área de superfície, ou seja, permitem que o calcário reaja com um maior volume de solo, sendo mais reativo com o solo, aumentando o pH do mesmo em menos tempo (PAGANI e MALLARINO, 2012).

Na tabela 4, verificou-se que a acidez potencial ($P < 0,03$), teve efeito isolado para os tratamentos testados, no quais diferiram entre si para essa variável, sendo o controle o de maior acidez potencial, seguida do calcário e por último a cal virgem. Os corretivos foram eficazes na redução de $H+Al$. A acidez potencial nesse estudo, foi classificada como muito baixa para cal virgem $< 1,00 \text{ cmol}_c/\text{dm}^{-3}$ e para o calcário dolomítico como baixa, na faixa de $1,01 - 2,50 \text{ cmol}_c/\text{dm}^{-3}$. (RIBEIRO, et al. 1999).

Os resultados para saturação por base do solo ($P < 0,01$), foram definidos na fase de cálculo da necessidade de calagem, sendo estimada para alcançar $V=50\%$. A aplicação do calcário e da cal virgem proporcionaram acréscimos superiores ao que foi programado, com valores de $64,39\%$, e $92,53\%$, respectivamente. O tratamento controle, manteve a saturação por bases em torno de 15% obtida na caracterização inicial do solo.

Contudo, calculou-se a real % da saturação por bases, através da % do cálcio, magnésio e potássio de acordo com a fórmula a seguir:

$$\%Ca = \frac{Ca \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}}{CTCpH7 \text{ cmol}_c^{-3}} * 100 \quad \%Mg = \frac{Mg \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}}{CTCpH7 \text{ cmol}_c^{-3}} * 100 \quad \%K = \frac{K \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}}{CTCpH7 \text{ cmol}_c^{-3}} * 100$$

Através dos cálculos, verificou-se que para a cal virgem a % Ca foi de $48,19\%$, %Mg de $43,75\%$ e K foi de $0,60\%$ na $CTCpH_7$, ou seja, dessa saturação por bases de $92,54\%$, havia 0% de sódio (Na) nos tratamentos com a cal virgem. Porém para o calcário, foi $41,09\%$ de Ca, $21,21\%$ de Mg e $0,57\%$ de K na $CTCpH_7$, ou seja, dessa saturação por bases de $64,38\%$, havia $1,51\%$ de sódio (Na) que compunha a saturação por bases.

De acordo com os cálculos apresentados, conclui-se que os corretivos de acidez, foram eficazes no aumento da saturação por bases e que grande parte dessa saturação estava composta pelos cátions de base essenciais Ca, Mg e K. O sódio por sua vez, por ser um elemento móvel no

solo, lixivia em semanas, o que justifica sua porcentagem ou ausência dela, dentro da saturação por bases.

Em relação a CTCpH₇ (P<0,03), observou-se na tabela 4 que com a aplicação dos corretivos, houve um melhor resultado para a cal virgem, o calcário não diferiu dos demais tratamentos, porém sua média foi superior ao controle. Contudo, com a aplicação do calcário dolomítico e cal virgem, os valores foram classificados como médios, por estarem na faixa de 4,31-8,60 cmol_c/dm⁻³ (RIBEIRO et al. 1999).

Observou-se que a saturação por alumínio (m%) (P<0,01), não diferiu entre os corretivos de solo, porém em relação ao controle, os corretivos de acidez, reduziram significativamente a saturação por alumínio. Os maiores valores foram para o tratamento controle. A saturação por alumínio nos corretivos de acidez, foram abaixo de 15%, na qual, considera-se uma saturação muito baixa (RIBEIRO et al. 1999).

Os resultados para os atributos químicos do solo (pHH₂O, Al³⁺, Ca, Mg, K, P, MO e V₂%, CTCpH₇, (H+Al) e m%) ao final do experimento, 84 dias após o plantio do capim Xaraés, continuaram a evidenciar os efeitos positivos da utilização dos diferentes tipos de corretivos de acidez Tabela 6.

Observou-se que para pHH₂O, Al³⁺ e m% houveram apenas efeitos isolados para os corretivos de acidez, representados na tabela 6. As incubações proporcionaram efeitos para Ca, Mg, K, P, MO e V₂%, CTCpH₇ e H+Al (P<0,05). Para a variável pHH₂O do solo, os valores foram maiores na cal virgem, seguida do calcário e por último o controle.

Tabela 6. Atributos químicos do solo, no fim do ciclo, 84 dias pós plantio do capim Xaraés em função dos diferentes tipos e incubação dos corretivos acidez.

Variáveis de solo	Corretivo			Tempo de incubação (dias)				P-valor		
	Controle	Calcário	Cal virgem	14	28	56	84	C	TI	C*TI
pHH ₂ O	5,21 C	6,65 B	7,67 A	6,58	6,48	6,52	6,46	<0,01	0,86	0,11
Al cmol _c /dm ⁻³	0,50 A	0,12 B	0,12 B	0,22	0,29	0,24	0,24	<0,01	0,22	0,80
Ca cmol _c /dm ⁻³	0,40	1,72	2,29	1,47	1,44	1,41	1,55	<0,01	0,07	<0,01
Mg cmol _c /dm ⁻³	0,30	0,98	1,96	1,16	0,87	1,09	1,19	<0,01	0,02	<0,01
K cmol _c /dm ⁻³	0,16	0,15	0,18	0,19	0,15	0,16	0,14	0,63	0,62	0,02
P mg/dm ⁻³	3,53	2,79	2,25	2,58	3,09	2,94	2,82	<0,01	<0,01	<0,01
MO gk/g ⁻¹	12,63	13,31	9,86	9,77	13,38	10,97	13,61	<0,01	<0,01	<0,01
V ₂ %	14,19	56,63	83,99	52,21	51,59	49,89	52,73	<0,01	0,32	<0,01
CTCpH ₇ cmol _c /dm ⁻³	6,26	5,02	5,27	5,52	5,34	5,51	5,69	<0,01	0,44	<0,01
H + Al cmol _c /dm ⁻³	5,27	2,14	0,80	2,66	2,63	2,85	2,81	<0,01	0,26	<0,01
m %	35,77 A	3,97 B	2,63 B	12,19	15,58	13,45	14,60	<0,01	0,41	0,66
SB cmol _c /dm ⁻³	0,86	2,88	4,55	2,86	2,48	2,83	2,88	<0,01	0,03	<0,01
CTC _{ef} cmol _c /dm ⁻³	1,48	2,99	4,60	3,08	2,94	2,98	3,11	<0,01	0,62	0,05

* Corretivo (C), tempo de incubação (TI), corretivo e tempo de incubação (C*T)

Observou-se na tabela 6 que o pHH_2O ($P < 0,01$), diferiu em todos os tratamentos, com maiores valores para cal virgem, seguida do calcário dolomítico e controle. A aplicação de calcário dolomítico, proporcionou e manteve valores de pHH_2O o mais próximo da faixa ideal de (5,5 a 6,5). No plantio e no fim do ciclo, os valores de pHH_2O , estavam na faixa do ideal para a produção da gramínea no calcário e estava alcalino na cal virgem. O pHH_2O do solo, é um parâmetro importante, pois tem influência na disponibilidade de nutrientes essenciais às plantas e na faixa de pH 5,5 a 6,5, a absorção de nutrientes e o crescimento da planta, são mais eficientes (LI et al. 2019).

Os corretivos como a cal virgem, que possuem materiais mais refinados ou até mesmo micropulverizados, ou seja, um corretivo chamado de “ultrafino” ou “filler” com ação rápida na correção de solo (BRASIL, 2006), elevam mais rápido o pH do solo, em comparação a corretivos de materiais mais grossos, porém se os corretivos de acidez do solo tiverem partículas maiores, sua reatividade será mais lenta e seu efeito residual será maior, principalmente em condições de umidade adequada no solo, como foi mantida neste experimento.

Os resultados obtidos com avaliação do pHH_2O do solo, demonstraram que os valores ideais foram alcançados quando utilizou-se o calcário dolomítico, resultados que também foram encontrados por Araújo et al. (2018), que ao avaliarem o comportamento desta variável e a produtividade da *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés usando Arad e calcário dolomítico, observaram que este último proporcionou valores de pHH_2O na faixa ideal e em torno de 6,5.

Observou-se respostas positivas no fim do ciclo para os valores de Al^{3+} ($P < 0,01$), os corretivos de solo não diferiram entre si para esta variável, com menores médias $0,12 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$, quando comparados ao tratamento controle, com $0,50 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$. Tais valores, permaneceram baixos ao longo de todo o período que foi avaliado, mostrando a eficiência da calagem em relação ao solo que não foi teve correção.

Contudo, ao avaliarem a granulometria e forma de aplicação do corretivo, observaram que a calagem favoreceu a precipitação do Al inorgânico, provavelmente do Al^{+3} trocável e / ou do Al ligado à matéria orgânica e foi mais eficaz quando a quantidade total foi adicionada em uma dose única, antes do estabelecimento da cultura (Álvarez, et al. 2009).

No entanto, verificou-se que para a variável saturação por alumínio (m%) ($P < 0,01$), nos tratamentos com os corretivos, está continuou com o mesmo comportamento, não diferiu entre os corretivos e com menores valores quando comparados ao controle. Tais valores mantiveram-se abaixo de $< 15\%$ desde o plantio, o que mostra a eficiência dos corretivos para a redução da acidez no solo.

Tabela 7. Variáveis do solo, 84 dias pós plantio do capim Xaraés em função dos tipos e incubação dos corretivos acidez.

Corretivo	Tempo de incubação				Equação de regressão	R ²
	14	28	56	84		
Ca cmol _c /dm ⁻³						
1	0,44 c	0,38 c	0,40 c	0,40 c	y = 0,0002x + 0,3773	0,002
2	1,76 b	1,58 b	1,68 b	1,96 b	y = 0,0035x + 1,5875	0,1948
3	2,34 a	2,38 a	2,14 a	2,28 a	y = -0,0018x + 2,3654	0,059
Mg cmol _c /dm ⁻³						
1	0,35 b	0,70 b	0,38 b	0,28 c	y = -0,0021x + 0,4863	0,0167
2	1,54 a	0,67 b	0,71 b	1,02 b	y = 0,0006x ² - 0,06x + 2,1484	0,5599
3	1,58 a	1,78 a	2,19 a	2,28 a	y = 0,0103x + 1,4882	0,3983
K cmol _c /dm ⁻³						
1	0,17 a	0,13 ab	0,20 a	0,12 a	y = -0,0002x + 0,1569	0,003
2	0,15 a	0,07 b	0,13 a	0,23 a	y = 0,0015x + 0,0793	0,1188
3	0,25 a	0,26 a	0,15 a	0,06 a	y = -0,0029x + 0,3107	0,3271
P mg/dm ⁻³						
1	3,01 a	3,66 a	5,34 a	3,45 a	y = 0,0148x + 3,0063	0,0403
2	2,59 a	3,08 b	2,68 a	2,65 a	y = -0,0018x + 2,8337	0,0057
3	2,16 a	2,60 b	1,90 a	2,36 a	y = -0,001x + 2,2996	0,0028
MO g/kg ⁻¹						
1	10,54 a	11,52 b	15,00 a	13,49 b	y = 0,0635x + 9,173	0,1531
2	8,76 a	18,55 a	8,39 b	17,53 a	y = 0,0562x + 10,754	0,0865
3	10,00 a	10,12b	9,52 b	9,82 b	y = -0,0049x + 10,087	0,0068
V ₂ (%)						
1	16,42 c	16,57 c	16,32 c	12,52 c	y = -0,0333x + 16,146	0,0252
2	61,49 b	57,05 b	48,23 b	63,90 b	y = 0,0107x + 57,182	0,0012
3	82,86 a	86,24 a	85,11 a	81,76 a	y = -0,0269x + 85,218	0,0205
CTCpH ₇ cmol _c /dm ⁻³						
1	5,85 a	6,77 a	6,02 a	6,39 a	y = 0,0106x + 5,4383	0,0363
2	5,68 a	4,11 c	5,26 a	5,02 b	y = -0,0008x + 5,0528	0,0008
3	5,02 a	5,16 b	5,25 a	5,65 ab	y = 0,0084x + 4,8885	0,1662
H+Al cmol _c /dm ⁻³						
1	4,89 a	5,56 a	5,04 a	5,59 a	y = 0,0126x + 4,4178	0,0776
2	2,22 b	1,78 b	2,74 b	1,81 b	y = -0,001x + 2,1847	0,0021
3	0,86 c	0,73 c	0,78 c	1,03 c	y = 0,0028x + 0,7242	0,060
CTC _{ef}						
1	1,40 c	1,76 b	1,46 c	1,31 c	y = -0,001x + 1,4401	0,0026
2	3,57 b	2,44 b	2,65 b	3,31 b	y = 0,0008x ² - 0,079x + 4,344	0,5568

3	4,26 a	4,60 a	4,57 a	4,72 a	$y = 0,0051x + 4,3063$	0,0789
SB						
1	0,96 c	1,21 c	0,98 c	0,79 c	$y = -0,0021x + 1,0205$	0,0144
2	3,45 b	2,32 b	2,52 b	3,21 b	$y = 0,0008x^2 -$ $0,0806x + 4,2531$	0,57
3	4,16 a	4,42 a	4,47 a	4,62 a	$y = 0,0056x + 4,1643$	0,0998

* Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre os tipos de corretivo, pelo teste de Tukey a 0,05.

Observa-se na tabela 7, que a utilização de corretivos proporcionou acréscimos nos teores de cálcio aos 84 dias pós plantio do capim Xaraés. O maior teor foi obtido com o uso da cal virgem, com comportamento linear, com maiores valores em relação aos demais tratamentos, indiferente do tempo de aplicação prévia ao plantio, demonstrando a alta capacidade de reação deste material no solo.

No caso do calcário dolomítico, os efeitos foram significativos, com comportamento linear, mas influenciados pelo tempo de incubação, já que os maiores teores ocorreram quando aplicado com mais antecedência ao plantio. No fim do ciclo, os valores de cálcio, foram significativos no decorrer das incubações, porém a cal virgem apresentou valores maiores no decorrer de todas as incubações, assim como para o calcário, mas com valores menores, porém consideráveis.

Para o magnésio no solo, houve interação, com comportamento linear para a cal virgem e controle, sendo que na incubação de 84 dias, este último apresentou menores valores de Mg. Quanto a cal virgem, seus valores de Mg foram 1,58, 1,78, 2,19 e 2,28 cmol/dm^3 , e calcário apresentou um comportamento quadrático, nas incubações de 14, 28, 56 e 84 dias, respectivamente.

Os efeitos do calcário sobre o magnésio foram influenciados pelo tempo de incubação prévio ao plantio, sendo maiores na incubação de 14 dias, mas os teores foram significativamente superiores aos tratamentos sem uso de corretivo. As mais altas concentrações deste elemento foram obtidas a partir da utilização da cal virgem aplicada em todas as incubações antes do plantio. Os corretivos de solo, foram eficazes quanto aos teores de Ca e Mg, sendo estas bases trocáveis do solo essenciais para o crescimento e desenvolvimento da cultura.

Ao avaliarem a resposta da calagem de quatro espécies do gênero *Urochloa*, cultivado em solo ácido e de baixa fertilidade da região geográfica de Sabana de Manacas, Pedroso, et al. (2021) concluíram que a calagem melhora a disponibilidade de cálcio e aumenta a produtividade de pastagens do gênero *Brachiaria* e para as condições estudadas recomendaram a aplicação de 4 t ha⁻¹ de calcário, pois os efeitos e rendimentos obtidos no solo foram mantidos durante dois anos.

No presente trabalho os resultados obtidos com Ca e Mg estão baseados na aplicação de cal virgem e calcário dolomítico na proporção 3,1 t ha⁻¹ e 3,76 t ha⁻¹, respectivamente. Isso demonstra que as dosagens sempre variam em função dos solos e seus atributos, não sendo cabível a generalização de uma recomendação.

Houve efeito de interação para a variável potássio (P<0,02), na qual, apresentou comportamento linear para todos os tratamentos. Os tratamentos diferiram apenas nas incubações de 28 dias, sendo que a cal virgem proporcionou acréscimos nos teores e, isso quando aplicado até 28 dias antes do plantio da gramínea. O calcário, apresentou resultado melhor que o controle, sendo que este último não diferiu dos corretivos na incubação de 28 dias.

Neste estudo, os teores de potássio no fim do ciclo, foram significativamente altos, mesmo quando não houve diferença em relação ao tratamento controle, isso provavelmente ocorreu pela adubação realizada com KCl.

Resultados semelhantes foram observados por Yakovleva *et al.* (2020), ao avaliarem o efeito dos fertilizantes minerais e orgânicos sobre a lixiviação de potássio em solos franco-arenosos, concluíram que para caracterizar o potássio no solo, é necessário considerar a textura e mineralogia dos solos, o nível de calagem, a disponibilidade de K no solo, bem como a composição com outros cátions no solo e presença de formas móveis de substâncias orgânicas, pois estes são fatores que regulam a lixiviação do K, além do que quando se cultiva plantas em solos calcariados as perdas desse elemento por lixiviação são menores quando comparados a solos sem adição de corretivos.

As perdas de potássio no solo dependem da mineralogia do solo e textura, que a capacidade de retenção de K no solo (SIMINSSON et al. 2009). O potássio no solo, pode ocorrer na forma não trocável, ou seja, estrutural (K mineral) ou fixo e potássio trocável, que já

está retido nos coloides do solo, mas propício à passagem para a solução do solo, e que por isso torna disponível à absorção pelas plantas e ao processo de lixiviação (DARUNSONTAYA et al. 2012).

Observou-se comportamento linear para o fósforo ($P < 0,01$), com melhores resultados para o tratamento controle em relação aos corretivos e as incubações testadas. Os corretivos não diferiram entre si, nos quais as incubações, tiveram o mesmo comportamento. Para o fim do ciclo, como já citado, o pH da cal virgem foi mais neutro, faixa fora do ideal para o fósforo ser absorvido pelas plantas.

Ao considerarem a especiação e solubilidade de fósforo dependente do pH e do tamanho de partícula em solos arenosos tropicais, Saentho, et al. (2022), observaram que o pH do solo controla a solubilidade desse composto que pode ser mais solúvel ou absorvido, de acordo com o aumento do pH do solo. Os autores observaram que os oitos solos analisados, a média de solubilidade máxima do fósforo na solução de solo foi, de $0,77 \text{ mg/L}^{-1}$ com um de pH 7,4, bem acima do valor crítico no solo que é de $0,2 \text{ mg/L}^{-1}$.

Os autores afirmam que o pH próximo da neutralidade 6,0-7,0 pode ser vantajoso para absorção do fósforo pelas culturas, entretanto os cuidados com a calagem para elevar o pH a esse nível, deve levar em consideração a adição e elevação dos níveis de cálcio na solução. Isso foi um resultado obtido neste estudo, haja vista que, o pH do plantio e fim do ciclo, foram muito elevados.

Ao avaliarem o estado de acidez do solo para determinar a quantidade de calcário necessária para neutralizar e aumentar a disponibilidade de nutrientes para a planta Dinkecha et al. (2017), observaram que aos 90 dias de incubação do calcário no solo, com o pH de 6,9, os teores de fósforo chegaram a 20 mg/dm^{-3} .

No presente estudo, a elevação do pH durante a fase de incubação em função dos corretivos, favoreceram o aumento nos teores de fósforo no solo, oscilando de $0,64 \text{ mg/dm}^{-3}$ na caracterização química do solo, para $2,79 \text{ mg/dm}^{-3}$ no calcário e $2,25 \text{ mg/dm}^{-3}$ na cal virgem para o fim do ciclo. Valores estes, abaixo do recomendado para a cultura que em solos de textura média é de (15% a 35%), ou seja, acima de 12 mg/dm^{-3} , já para solos arenosos é de ($\ll 15\%$), no qual, considera-se acima de 15 mg/dm^{-3} (VALLE, et al. 2004).

O solo deste estudo, foi classificado como franco-arenoso de textura média, desta forma, os dados de fósforo nos tratamentos com a aplicação dos corretivos de solo, estavam abaixo do recomendado para solos com essa classificação. No fim do ciclo, ocorreu redução nos teores de P, mesmo sendo realizado adubação com fertilizante fosfatado.

Observou-se que para a MO do solo ($P < 0,01$), houve comportamento linear para todos os tratamentos testados. Os corretivos diferiram entre si, apenas nas incubações de 28 e 84 dias com melhor média para o calcário, quanto a cal virgem está não diferiu do controle para as mesmas incubações.

A faixa de pH neutra observada no tratamento com a aplicação da cal virgem, no fim do ciclo, provocou uma redução na matéria orgânica do solo, sendo os menores conteúdos de MO, quando comparados aos demais tratamentos. Essa faixa de pH alcalino afeta a biomassa do capim. O que pode justificar a matéria orgânica do calcário que foi menor no plantio e maior que os outros tratamentos no fim do ciclo.

Em trabalho com incubação de 22 meses do calcário para verificar o seu efeito na dispersão da argila, estabilidade do agregado úmido e fósforo reativo dissolvido, Getahun *et al.* (2021), usando um subsolo de argila pesada com pH inicial de 7,0 e 7,3 g/kg^{-1} de carbono orgânico no solo. concluíram que houve um declínio nos agregados úmidos do solo, com pH acima de 7,8, o que foi devido a desestabilização causada pelo aumento da dissolução de matéria orgânica em pH mais alto. Resultados estes indicam que ligações da matéria orgânica agregam-se a macronutrientes, mas sua dissolução aumenta com o pH.

Em solo arável, a matéria orgânica normalmente representa menos de 5% do volume do solo, mas mesmo com essa porcentagem, contem sua relevância em várias propriedades físicas e químicas mais marcantes do solo, como a cor do solo, na qual é uma propriedade marcante, de modo geral, quanto mais escuro é o solo, maior seu teor de matéria orgânica. (LEHMANN; MARKUS KLEBER, 2015).

Observou-se comportamento linear para todos os tratamentos quanto a CTCpH_7 ($P < 0,01$), na qual, não diferiu entre os tratamentos na incubação de 14 dias, assim como a MO, com 28 dias, a CTCpH_7 foi diferente entre os tratamentos, sendo seu menor valor para calcário,

porém, com maior teor de MO no solo, o controle foi de melhor resultado para a CTCpH₇, não diferindo sua matéria orgânica da cal virgem na mesma incubação.

Já com 56 dias para CTCpH₇ do solo, os tratamentos não diferiram entre si para todas as incubações testadas e para a MO, não houve diferença entre os corretivos de solo. Quanto aos 84 dias de incubação, o controle obteve medias mais altas para a CTCpH₇ do solo, seguido do calcário que obteve a maior média para MO na mesma incubação e a cal virgem não diferenciou para CTCpH₇ e quanto a MO não diferiu do controle.

Observou-se que os corretivos melhoraram a MO do solo e a CTCpH₇ para a maioria das incubações testadas nesse estudo. Contudo, ao analisarem algumas propriedades químicas de mais de 100 amostras de vários horizontes de solos tropicais e relacionar com os teores de matéria orgânica. A capacidade de troca de cátions apresentou uma relação linear com o conteúdo de carbono, ou seja, quanto mais matéria orgânica, mais CTC no solo, assim dizendo, a matéria orgânica dobrou a capacidade de troca de cátions no solo (RAMOS et al. 2018).

Os corretivos de acidez do solo proporcionaram respostas positivas na saturação por bases ($P < 0,01$), indiferente do tempo de aplicação prévia e mesmo após os 84 dias do plantio do capim. No caso da utilização da cal virgem, os valores observados mantiveram-se bem superiores aos que foram considerados como necessário inicialmente, que era $V_2 = 50\%$, como observado na tabela 7.

Assim sendo, a saturação por bases dependendo da granulometria e dose do corretivo, quando em excesso, liga-se aos micronutrientes no solo, eleva o pH solo e também precipita ou faz ligação de nutrientes, como o fosforo e cálcio, o que torna estes indisponíveis as plantas e assim, prejudica produção da forragem (RAIJ et al. 1997).

Esses resultados são similares aos obtidos por Santos et al. (2016), ao analisarem doses de calcário para aumentar a saturação por bases para 50, 70 e 90%. Estes autores observaram que a aumento da saturação por bases para 70 a 90% foram eficazes no aumento significativo na porcentagem de Ca e Mg do solo.

Ao avaliarem a correção da acidez e disponibilização de fósforo e potássio em Latossolo Vermelho distrófico típico submetido à calagem incorporada e superficial, Nolla et

al. (2020), verificaram que a aplicação superficial e incorporada de calcário foi igualmente eficiente em aumentar os valores de pH-CaCl₂ e neutralizar o Al⁺³, sendo as maiores doses de calcário consideradas excessivas, por promoverem aumento de pH acima de 6,0, tais autores concluíram que calcário aplicado superficialmente e incorporado, aumentaram os teores de fósforo e potássio, atingindo a melhor disponibilidade com calagem para elevar a saturação por bases até 60%. Neste estudo o uso da cal virgem, elevou a saturação por bases excessivamente, e com 14 dias de incubação já havia respondido a saturação por bases.

No plantio, a acidez potencial H⁺+Al⁺³(P<0,01) diferiu em todos os tratamentos e em todas as incubações testadas, sendo seus valores maiores para o tratamento controle 4,12 cmol_c/dm⁻³, seguido do calcário 1,88 cmol_c/dm⁻³ e com menores valores para a cal virgem 0,38 cmol_c/dm⁻³. Contudo, como citado anteriormente, os valores de pH do solo foram maiores nos tratamentos com corretivos em relação ao controle, o que justifica a redução da acidez potencial.

A acidez potencial é reduzida com adição de corretivos de solo, nos quais fornecem ânions OH⁻ e HCO³⁻ que são receptores de H⁺, deixando, desta maneira, os colóides disponíveis para a ligação de Ca²⁺ e Mg²⁺, como resultado tem-se aumento do pH na faixa ideal, processos de tamponamento, nos quais, alteram a dissolução dos minerais Al, Mn e Fe e o equilíbrio dos cátions trocáveis. (HOLLANDA et al. 2018).

As variáveis morfológicas estão apresentadas na tabela 8, houve efeito de interação para a variável altura da planta, na qual foi apresentada na tabela 9. A DVF (duração de vida das folhas) e TSeF (taxa de senescência foliar) e TFF (tamanho final de folha) observou-se efeito isolado de tempo de incubação ($p < 0,05$), as demais variáveis morfológicas não foram significativas com a aplicação dos corretivos de solo.

Tabela 8. Efeito dos corretivos e tempo de incubação nas variáveis de morfogênese e estrutura da *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés.

Variável	Corretivo			Tempo de incubação (dias)				P-valor		
	Controle	Calcário	Cal virgem	14	28	56	84	Corretivo	TI	C x T
TAIF (cm/folha dia ⁻¹)	3,57	3,70	3,29	3,3	3,39	3,663	3,78	0,39	0,51	0,56
TApF (folha/dia ⁻¹)	0,06	0,07	0,06	0,07	0,06	0,07	0,06	0,59	0,85	0,98
Filo(dia/folha ⁻¹)	19,91	18,94	18,94	18,10	20,12	18,98	19,86	0,80	0,72	0,61
DVF (dias)	21,76	22,03	19,97	22,5	21,07	20,06	19,91	0,23	0,04	0,08
TSeF (cm /folha dia ⁻¹)	5,85	6,25	4,55	3,83	4,38	6,67	7,34	0,27	0,02	0,44
TAIC (cm/colmo dia ⁻¹)	0,35	0,36	0,47	0,44	0,38	0,42	0,34	0,07	0,31	0,30
TFF (cm)	33,76	35,71	31,79	30,74	31,90	36,29	36,08	0,03	<0,01	0,08
NFV	4,76	4,76	4,43	4,68	4,39	4,89	4,66	0,41	0,49	0,71
Altura da planta (m)	1,35	1,38	1,39	1,30	1,38	1,39	1,42	0,32	0,08	<0,01

Tabela 9. Variáveis morfológicas do capim Xaraés em função dos tipos e incubação dos corretivos acidez.

Corretivo	Tempo de incubação				Equação de regressão	R ²	Média
	14	28	56	84			
Duração de vida da folha (DVF)							
1	23,22	22,90	19,69	21,23			
2	22,75	23,08	21,35	20,92	Y = - 0,038x + 22,99	0,07	
3	24,27	15,87	22,17	17,58			
Média	23,41 a	20,62 ab	21,07ab	19,91 b			
Taxa de senescência foliar (TSeF)							
1	3,49	6,53	7,25	6,14			
2	5,72	4,74	6,59	7,93	Y = 0,0537x + 3,11	0,13	
3	2,27	1,85	6,15	7,94			
Média	3,83 b	4,37 ab	6,67 ab	7,34 a			
Tamanho final de folha (TFF)							
1	29,84	35,37	33,46	36,35			33,76 ab
2	34,99	32,97	39,5	35,81	Y = 0,058x + 30,64	0,13	35,71 a
3	27,38	27,33	36,37	30,09			31,79 b
Altura							
1	1,30 b	1,34 b	1,22 b	1,52 a	Y = 0,0001x ² - 0,012x + 1,48	0,32	
2	1,39 a	1,39 a	1,46 a	1,27 b	Y = -0,0001x ² + 0,0086x + 1,268	0,32	
3	1,21 a	1,4 a	1,48 a	1,47 a	-	-	

* Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre os tipos de incubações, pelo teste de Tukey a 0,05.

Foi observado que houve efeito isolado para tempo de incubação para as variáveis duração de vida da folha (DVF), taxa de senescência foliar (TSeF) e tamanho final de folha (TFF).

Verificou-se que para a variável DVF (P<0,04), houve efeito linear, apresentando valores na média de 23,41, 20,62, 21,07 e 19,91, nas incubações de 14, 28, 56 e 84 dias. Os tratamentos tiveram maior DVF na incubação 14 dias, seguida de 84 dias, 28 e 56 dias não diferiram entre si. Para a variável TSeF cm folha dia¹ (P<0,02), houve um comportamento linear, valores crescentes de acordo com a médias 3,86, 4,61, 6,12 e 7,62 nas incubações de 14, 28, 56 e 84 dias, sendo que

a incubação de 84 dias a TSeF foi maior e com 14 dias foi significativa, as incubações 28 e 56 dias não diferiram entre si.

A acidez do solo afeta diretamente os nutrientes da planta, nos quais através da aplicação de corretivos de solo (calagem), reduz a saturação de alumínio (m%) e acidez trocável (Al^{+3}), causando um aumento no pH, favorecendo maiores cátions de base e redução dos micronutrientes no solo como, (Cu, Fe, Mn e Zn), o que aumenta a disponibilidade de nutrientes para as culturas (DINKECHA, 2017).

Os resultados da DVF (duração de vida da folha) quando analisados com a TSeF (taxa de senescência foliar) são melhores entendidos, devido estas variáveis terem relação inversa. No presente estudo, observou-se que a DVF apresentou relação inversa com a TSeF, sendo está última crescente no decorrer das incubações dos corretivos.

Segundo Matuscello et al. (2015) ao testarem adubação nitrogenada de *Panicum maximum* cv. Massai, morfogênese e produção, observaram que a TSeF aumentou significativamente com o incremento da adubação nitrogenada e a DVF diminuiu, que segundo os autores, na ausência de nutrientes como o nitrogênio, a TSeF é mais baixa para que a planta, possa se manter viva, devido ao decréscimo no seu metabolismo.

Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira et al. (2020), ao avaliarem o uso de diferentes doses de nitrogênio em capim-da-índia cultivado em trópicos úmidos. Observaram redução na variável duração de vida da folha, quando aumentaram as doses de N, que segundo os autores, é explicada pela alta taxa de renovação do tecido.

No presente estudo, apesar de as doses de adubação de NPK terem sido iguais para todos os tratamentos, a resposta foi positiva na planta, haja vista que, a fertilização (calagem + NPK), foi eficiente nas repostas do solo e desenvolvimento da planta.

Observou-se que para a TFF cm também apresentou comportamento linear com médias de 33,76, 35,71 e 31,79 para os tratamentos, o controle não diferiu dos tratamentos, nos quais foram os melhores resultados em relação a TFF, sendo o melhor resultado para calcário, seguido da cal virgem. Para o tamanho final de folha TFF, no qual foi maior nos corretivos de solo, assim como a altura da planta, ou seja, a forragem com os corretivos de solo, estavam em melhores condições, pois os tratamentos tinham irrigação controlada, o que ajuda a planta a absorver melhor

os nutrientes do solo que estava corrigido e adubado, com nutrientes disponíveis ao crescimento da planta (PEZZOPANE et al. 2012).

Para a altura ($P < 0,01$), houve um comportamento quadrático para o calcário e controle, porém com a aplicação da cal virgem, não houve variação na altura da planta para os diferentes tempos de incubação. No entanto para os dias de incubações testados, a cal virgem foi melhor em relação aos outros tratamentos, o calcário diferiu da cal virgem na incubação de 84 dias. O controle diferiu dos corretivos na incubação de 14, 28, 56 dias e não diferiu da cal virgem na incubação de 84 dias.

A altura da planta de acordo com Santos et al. (2011), ao avaliarem características morfogênicas e estruturais de perfilhos de capim- *Baracharia*, observaram que a maior altura das plantas no mesmo pasto promoveu maiores taxas de senescência foliar e de alongamento de pseudocolmo no perfilho, a variação natural na altura da planta no mesmo pasto altera as características morfogênicas e estruturais do capim-*brachiaria*.

Tabela 10. Efeito do corretivo e tempo de incubação na composição química do capim Xaraés.

Variável (%)	Corretivo			Tempo de incubação (dias)				P-valor		
	Controle	Calcário	Cal virgem	14	28	56	84	Corretivo	TI	C x TI
MS de Planta Inteira	22,62	24,74	24,96	21,4	25,38	23,95	25,68	0,34	0,18	0,10
MS de Lâmina foliar	22,41	25,67	26,28	22,66	25,69	24,02	26,76	0,11	0,29	0,38
MS de Colmo	22,48	23,57	23,01	20,74	23,25	24,03	24,06	0,84	0,38	0,09
MS Raíz	40,61	43,61	40,87	43,03	42,73	40,66	40,96	0,72	0,91	0,84
MM de Lâmina foliar	96,76	11,19	93,86	97,59	96,53	85,44	12,38	0,65	0,41	0,25
MM de colmo	97,40	98,31	10,33	95,93	10,75	94,66	10,05	0,78	0,50	0,15
MM de raíz	68,49	68,28	61,73	59,10	69,98	66,58	69,00	0,32	0,24	0,99
MO de Lâmina foliar	90,32	88,81	90,61	90,24	90,35	91,46	87,62	0,65	0,41	0,25
MO de colmo	90,26	90,17	89,67	90,41	89,25	90,53	89,95	0,78	0,50	0,15
MO de Raíz	31,51	31,72	38,28	40,81	30,02	33,43	30,99	0,32	0,24	0,99
FDN de Lâmina Foliar	53,73 A	50,58 B	52,04 AB	51,42	53,56	51,32	52,16	<0,01	0,20	0,68
FDN de colmo	61,38	60,15	60,97	60,66	62,40	60,59	59,68	0,83	0,73	0,22
PB de Lâmina foliar	15,35	13,76	14,93	16,39	14,79	13,70	13,87	0,05	<0,01	0,04
PB de colmo	11,77	9,52	11,02	11,96	10,68	10,34	10,04 b	<0,01	0,03	0,19

* Matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), proteína bruta (PB).

Tabela 11. Variáveis morfogênicas do capim Xaraés em função dos tipos e incubação dos corretivos acidez.

Corretivo	Tempo de incubação				Equação de regressão	R ²	Média
	14	28	56	84			
Proteína bruta da lâmina foliar (PBLF%)							
1	16,64 Bb	14,82 Aa	15,38 Aa	14,55 Aa	$Y=0,0011x^2 - 0,142x + 18,04$	0,07	
2	13,96 Ab	13,92 Aa	13,65Aab	13,54 Aa			
3	18,58 Aa	15,33 Aab	12,08 Bb	13,52 Ba			
Proteína bruta do colmo (PBC%)							
1	11,92	11,04	11,85	12,14	$Y=-0,238x + 11,84$	0,09	11,74 a
2	10,76	9,34	9,37	8,24			9,52 b
3	13,22	11,68	10,03	9,14			11,02 a
Média	11,96 a	10,68 ab	10,34 ab	10,04 b			

*letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna (P<0,05%).

Avaliando a calagem em relação a composição química do capim Xaraés, observou-se na tabela 10 que houve efeito isolado de corretivo para a variável FDN da lâmina foliar, com maiores valores para o controle em relação a cal virgem, porém ambos diferenciaram da aplicação de calcário.

Os valores da FDN (P<0,01), foram significativos para o controle em relação aos tratamentos com corretivos de solo, justificando que o teor da FDN, é o fator mais limitante do consumo de volumoso, sendo que teores dos constituintes da parede celular superiores a 55,60%, na MS, correlacionam-se negativamente com o consumo (Van Soest, 1994). Nesse sentido, os teores da FDN obtida neste experimento, foi de 50,58% para calcário dolomítico e 52,04% na cal virgem, valores estes inferiores a faixa como já citada e que limita o consumo do animal.

Para as outras variáveis testadas da composição química, como MS da planta inteira, da lâmina foliar, do colmo, da raiz, MM da lâmina foliar, colmo, raiz, MO da lâmina foliar, colmo e raiz e FDN do colmo, não apresentaram efeito significativo com a aplicação dos corretivos no solo.

A tabela 11 apresenta a interação para a variável porcentagem de proteína na lâmina foliar (P<0,01), com efeito isolado de tempo de incubação e corretivo para proteína bruta no colmo (P<0,03). Os Valores de proteína bruta na lâmina foliar, ajustou-se quadraticamente com a

aplicação dos corretivos e o tratamento controle. Na incubação de 14 dias os corretivos de solo fora melhores em relação ao controle, porém o calcário não diferiu do controle nas incubações de 14, 28,56 e 84 dias. O controle e o calcário foram melhores que a cal virgem na incubação de 28 dias, e a mesma não diferiu do calcário na incubação de 56, já a de 84 o controle o calcário foram melhores.

Houve efeito isolado para corretivos de solo para a variável % PBC, o tratamento com a cal virgem e o tratamento controle, não diferiram entre si, com as maiores médias comparado ao calcário, sendo este último diferente dos outros tratamentos para os teores de % PBC. Observou-se na tabela 11 que houve efeito para o tempo de incubação dos corretivos para a %PBC que foi maior na incubação de 14 dias, 28 e 56 dias não diferiram e 84 dias foi menor.

A proteína no colmo do presente estudo, não diferiu no tratamento controle e cal virgem e com valores menores para calcário e foi reduzindo com as incubações. Segundo Van Soest, 1994, a proteína bruta do colmo é de baixa degradabilidade, sendo está de fração C, com proteínas associadas a lignina e a B3 que é de lenta degradação ruminal (SNIFFEN et al. 1992).

Ao observarem a avaliação do efeito da aplicação de cal dolomítica em pastagens, estudo de caso no ecossistema mediterrâneo do Montato, Serrano, et al. (2020), concluíram que a correção da acidez do solo é um processo lento e gradual que melhora a relação Mg/Mn do solo e tem um impacto positivo na produtividade e qualidade da pastagem. Disponibilidade de proteína bruta da pastagem (PB, kg ha⁻¹), que se baseia tanto no rendimento de matéria seca da pastagem (kg ha⁻¹) como na qualidade (PB%).

Ao analisarem os atributos produtivos de *Urochloa decumbens* correlacionando-os, linear e espacialmente, com atributos físico-químicos de um solo de Cerrado, Dalchiavon, et al. (2017) observaram que há uma correlação positiva entre a umidade do solo, teores de matéria orgânica e a PB. Ao avaliarem a produção de MS da *Urochloa decumbens*, os autores evidenciaram que práticas agrícolas, elevam a MO do solo o que beneficia o aumento dos teores de PB da forragem. Os teores de proteína no presente estudo justificam-se em relação aos teores de MO do solo, haja vista que a prática da calagem melhorou os teores de MO do solo o que elevou os teores de PB da forragem.

Contudo, os valores de proteína bruta do estudo foram superiores ao crítico de 7%, valor recomendado para que não afete a eficiência microbiana e a degradação da fibra (Van Soest, 1994).

Tabela 12. Variáveis de produção do capim Xaraés em relação aos corretivos de solo e tempo de incubação.

Variável	Corretivo			Tempo de incubação (dias)				P-valor		
	Controle	Calcário	Cal virgem	14	28	56	84	Corretivo	TI	C x TI
Produção total (gvaso ⁻¹)	13,44 ab	16,74 a	12,45 b	12,89	14,72	14,53	14,71	0,03	0,71	0,35
Lâmina Foliar (%)	55,52	56,39	58,80	57,68	55,76	57,06	57,11	0,22	0,63	0,02
Colmo (%)	43,06	43,75	42,61	42,29	44,25	42,94	43,07	0,61	0,55	<0,01
Relação lâmina foliar:colmo	1,34	1,30	1,87	1,72	1,40	1,56	1,34	0,06	0,35	0,41
Produção de raiz (gvaso ⁻¹)	16,89	20,77	16,27	16,14	17,41	20,09	18,27	0,27	0,69	0,44
Relação Parte aérea:raiz	0,82	0,09	0,83	0,79	0,97	0,79	0,81	0,88	0,59	0,38
Comprimento de raiz (cm)	33,33 b	34,62 ab	40,34 a	34,32	38,31	35,24	36,5	0,04	0,66	0,18

Na tabela 12 é observado que para a variável produção total (g vaso^{-1}), houve efeito isolado para corretivo, sendo a produção total de plantas melhor com o calcário em relação a cal virgem. O tratamento controle não diferiu dos tratamentos com aplicação dos corretivos.

A produção total do capim Xaraés nesse estudo foi melhor para o calcário e apesar do controle não ter se diferenciado dos corretivos de solo, sua média foi maior que a da cal virgem, sendo está com menor produção comparada ao tratamento com adição do calcário, isso é justificado devido a sua alta saturação por bases, que elevou o pH quando aplicado a cal no solo. Dos Santos et al. (2016), em uma revisão de literatura sobre a importância da calagem para a produção de plantas forrageiras, relataram que solos que não recebem calagem tem menores teores de cálcio e que a calagem promove o aumento deste elemento na biomassa, melhorando assim a produção das pastagens.

Resultados semelhantes foram observados no presente estudo para a aplicação do calcário. No entanto, para os capins que cresceram em solos com aplicação da cal virgem (devido ao seu pH básico no dia do plantio) não foi observada o mesmo resultado, o que pode ter sido afetado pelo elevado pH do solo com a cal virgem, que pode ter precipitado o fosforo junto ao cálcio indisponibilizando o P para a planta, por não está na faixa ideal de pH, o que pode ter prejudicado o desenvolvimento da planta, afetando assim a produção do capim xaraés.

Tabela 13. Efeito dos corretivos e dias de incubação na % de lâmina foliar e % de colmo do capim Xaraés.

Corretivo	Tempo de incubação				Equação	R ²
	14	28	56	84		
% Lâmina foliar						
Controle	51,46 a	56,79 a	60,07 a	53,76 b	$Y=0,007X^2 - 0,7406X + 71,33$	0,97
Calcário	58,21 a	54,42 a	56,63 ab	56,28 ab		
Cal virgem	63,37 a	56,08 a	54,47 b	61,28 a		
Média	57,11	55,77	57,06	57,11		
% Colmo						
Controle	42,84 a	43,21 a	39,92 b	46,24 a	$Y= 0,0034x^2 - 0,3016x + 47,30$	0,25
Calcário	41,78 a	45,59 a	43,37 ab	44,24 a		
Cal virgem	42,24 a	43,93 a	45,53 a	38,72 b	$Y= 0,007x^2 - 0,740x + 71,33$	0,26
Média	42,29	44,25	42,94	43,06		

*Letras minúsculas na coluna para tempo de incubação ($P<0,05\%$).

Na tabela 13 é apresentado a interação para a % de lâmina foliar do capim Xaraés. Observou-se interação para a % lâmina foliar da planta, a cal virgem ajustou-se quadraticamente, e não diferiu dos demais tratamentos nas incubações de 14, 28, foi melhor na incubação de 84 dias e não diferiu do calcário na incubação de 56 dias. O calcário na incubação de 14 e 28 dias não diferiu dos demais tratamentos, nas incubações de 56 e 84 dias teve o mesmo efeito que os demais tratamentos. O controle somente diferiu na incubação de 84 dias, no qual diferiu da cal virgem e não diferiu do calcário.

A porcentagem de lâmina foliar do capim Xaraés apresentou resultados positivos quanto ao uso dos corretivos de solo, com maior resposta para a cal virgem, com maior porcentagem de folhas em comparação ao tratamento controle.

Os corretivos de solo reduzem a acidez e estimulam o crescimento das raízes das plantas, o que beneficia a absorção de nutrientes e água do solo, fatores que favorecem o crescimento da biomassa aérea vegetal (ZANG et al. 2020). Apesar de a cal virgem, ter apresentado produção de massa de forragem menor em relação ao calcário, sua quantidade de lâmina foliar foi maior, ou seja, por mais que a produção de massa de forragem tenha sido menor, sua qualidade foi maior, devido à alta produção de folha.

Observou-se que na tabela 13 é apresentado os dados de porcentagem de colmo com de interação. A aplicação da cal virgem e o tratamento controle apresentaram efeito quadrático para a porcentagem de colmo em função dos tempos de incubação, porém a aplicação de calcário no solo, não ajustou-se aos modelos de regressão testados. Os tratamentos não diferiam entre si nas incubações de 14 e 28 dias, porém para na incubação de 56 dias, a cal virgem foi melhor que o controle, o calcário não diferiu dos demais tratamentos, para a incubação de 84 dias o controle e o calcário não diferiram entre si, porém com maiores médias em relação a cal virgem.

Além do que, o percentual de colmo foi reduzindo no decorrer das incubações para cal virgem, aumentando em relação ao controle e ao calcário, que mantiveram-se na média de 43,75 %. Observa-se assim que a produção forrageira para os tratamentos com os corretivos de solo está mais associada a porcentagem da fração lâmina foliar do que a porcentagem de colmo, ou seja, o aumento da produção da forragem está associado a fração mais nutritiva da planta, a folha.

O capim Xaraés responde bem a adição de corretivos no solo com textura média. A produção da forrageira é de aproximadamente 21t/ha, com 70% de folha, sendo uma cultivar bem adaptada a solos arenosos (VALLE et al. 2004).

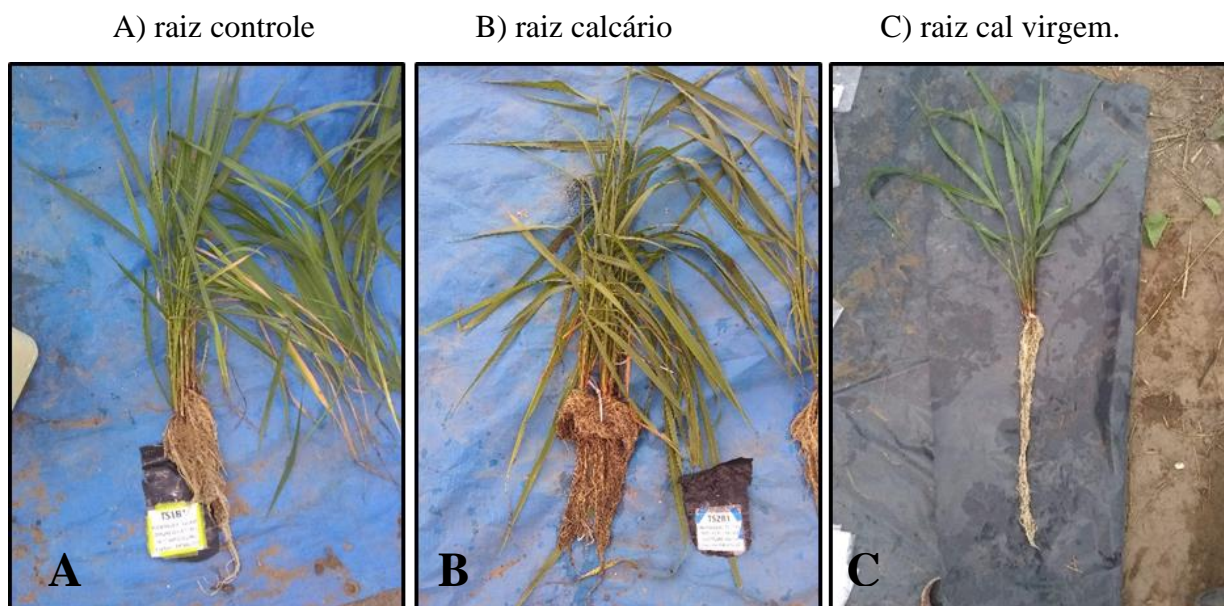


Figura 1. Comprimento de raiz em cada tratamento testado

Fonte: Arquivo pessoal.

Verificou-se na tabela 12, que para o comprimento de raiz do capim Xaraés ($P < 0,04$), houve efeito isolado para corretivos de solo, com os maiores valores para a cal virgem em relação ao tratamento controle, porém sem diferença significativa para o tratamento com a aplicação de calcário. Observa-se nas figuras 1, o comprimento de raiz em cada tratamento testado. Sendo o maior comprimento da raiz, obtido no solo que teve a aplicação de cal virgem, seguida do calcário.

Resultados semelhantes foram encontrados por Heyburn et al. (2017), que observaram que as aplicações de calcário podem influenciar nas propriedades e características do solo e da planta, como a ciclagem de N do solo, massa total e decomposição da raiz. O aumento do pH do solo com a calagem pode explicar essas respostas obtidas abaixo do solo. Além disso, a adição de cal agrícola pode reduzir significativamente a necessidade de fertilizantes nutritivos artificiais, devido aos efeitos positivos da calagem nos níveis de nitrato do solo e na colonização da raiz por fungo micorrízico arbuscular.

6 CONCLUSÕES.

- a) A cal virgem e o calcário, quando na presença de umidade, apresentam resultados de melhoria dos atributos químicos do solo, em todos os períodos prévios de incubações testadas (14, 28, 56 e 84 dias). Porém a utilização da cal virgem, proporcionou ação de neutralização mais rápida na correção do solo em comparação ao calcário.
- b) Considerando o solo e os corretivos avaliados, é possível indicar que na utilização desses insumos para formação de pastagem, a aplicação poderia ser realizada com 14 dias antes da implantação;
- c) A acidez do solo foi eficientemente corrigida pelos dois corretivos avaliados, mas é importante considerar que na utilização da cal virgem, houve acréscimo do pH e da saturação por bases acima da faixa adequada para o desenvolvimento da maioria das plantas cultivadas. Então é importante realizar testes com diferentes dosagens ou mesmo com diferentes níveis de saturação por bases a partir do uso desse corretivo;
- d) Devido ao maior poder de reação, a recomendação de uso da cal virgem deve ser melhor estudada visando evitar problemas associados à um pH alcalino. A adição em excesso de Ca e Mg no solo, causa indisponibilização dos micronutrientes e macronutrientes como P, devido o pH alcalino ou neutro.
- e) Com a utilização dos corretivos de acidez para formação de pastagem, indica-se a aplicação a partir dos 14 dias antes da implantação da cultura, favorecendo a DVF, TFF, Altura e menor TSeF.
- f) Os corretivos foram eficazes em reduzir os teores da FDN e com maiores repostas positivas na incubação de 14 dias para PBLF%;
- g) A produção do capim Xaraés foi afetada na cal virgem, devido a elevada $V_2\%$ e assim o pH do solo, com melhor produção total para o calcário;
- h) %LF e % colmo do capim Xaraés, tiveram resultados satisfatórios com adição dos corretivos, com melhor porcentagem para o uso da cal virgem na incubação de 84 dias para %LF;
- i) Os corretivos de solo foram eficazes no crescimento de raiz da cultura, com maior comprimento para a cal virgem.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, T.F.; CARVALHO, J.K.; REID, E.; MARTINS, A.P.; BISSANI, C.A.; BORTOLUZZI, E.C.; BRUNETTO, G.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; TIECHER, T. Forms and balance of soil potassium from a long-term integrated crop-livestock system in a subtropical Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v. 207, p. 104-864, 2021.

ÁLVAREZ, E.; VIADÉ, A.; FERNÁNDEZ, M. L. Effect of liming with different sized limestone on the forms of aluminium in a Galician soil (NW Spain) (NW Espanha). **Geoderma**. v. 152, p. 1-8, 2009.

ARAUJO, V.S.; RODRIGUES, K.C.B.; GALVÃO, J.R.; YAKUWA1, T.K.R.; SILVA, V.F.A; DA SILVA, D.R.; ARAÚJO, L.B.; DE SOUZA, F.J.L.; DE SOUZA, J.C. Yield of Brachiaria in Function of Natural Phosphate Application and Liming in Pará Northeast. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 7, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7175: Cal hidratada para argamassas - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS- AOAC- **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**: 16 ed. Washington. v. 2, p. 770, 1990.

BAUMONT, R.; LEWIS, E.; DELABY, L.; PRACHE, S.; HORAN, B. Sustainable intensification of grass- based ruminant production. *Grass and Science in Europe*. v. 19, p. 50, 2014.

BRASIL. Instrução Normativa SDA Nº 35, de 12 de julho de 2006, estabelece diretrizes, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez, de alcalinidade e de sodicidade e dos condicionadores de solo. **Diário Oficial da União**, seção 1, n. 132, 4 de jul. 2006.

BLAKE, L.; GOULDING, K.W.T.; MOTT, C.J.B.; JOHNSTON, A.E. Changes in soil chemistry accompanying acidification over more than 100 years under woodland and grass at Rothamsted Experimental Station, UK. **European Journal of Soil Science**, v. 50, p.401–412. 1999.

BRILHANTE, S.A.; SANTOS, J.C.B.; SANTOS JÚNIOR, V.S.; ARAÚJO, J.K.S.; FILHO, M.R.R.; CORRÊA, M.M. Weathering of rhyolites and soil formation in anatlantic forest frangment in Northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 47, p. 1-18, 2017.

COSTA, M.P. Efeito da matéria orgânica em alguns atributos do solo. Piracicaba: USP-ESALQ, 1983. 137P. Dissertação de Mestrado.

CAZOTTI, M.M.; COSTA, L.M.; CECON, P.R. Biogenic, sedimentar, and matamorphic limestone: a comparative characterization of soil amendments. *Revista Ceres*, v. 66, p. 063-071, 2019.

DAS, R.; SAHA, D. Effect of liming on the changes of different forms of potassium in an acid soil treated with N and K fertilizers. **Journal of the Indian Chemical Society**. v. 91, p. 1-7. 2014

DARUNSONTAYA, T.; SUDDHAPRIKARN, A.; KHEORUENROMNE, I; PRAKONGKEP, N.; GILKES, R.J. The forms and availability to plants of soil potassium as related to mineralogy for upland Oxisols and Ultisols from Thailand. **Geoderma**, v. 170, p. 11-24, 2012.

DALCHIAVON, F. C.; MONTANARI, R.; ANDREOTTI, M. Production and quality of *Urochloa decumbens* (stapf) r.d. Webster forage co- related to the physical and chemical properties of the soil. **Revista Ceres**, v. 3. p. 315-326, 2017.

DINKECHAN, K.; TSEGAYE, D. Effects of Liming on Physicochemical Properties and Nutrient Availability of Acidic Soils in Welmera Woreda, Central Highlands of Ethiopia. **Biochemistry and Molecular Biology**. v. 2, p.102-109, 2017.

DOS SANTOS, D.R.; TIECHER, T.; GONZATTO, R.; SANTANNA, M.A.; BRUNETTO, G.; DA SILVA, L.S. Long-term effect of surface and incorporated liming in the conversion of natural grassland to no-till system for grain production in a highly acidic sandy-loam Ultisol from South Brazilian Campos. **Soil & Tillage Research**. v. 180, p. 222–231, 2018.

EGAN, G.; CRAWLEY, M. J.; FORNARA, D. A. Effects of long-term grass land management on the carbon and nitrogen pools of different soil aggregate fractions. **Science of the Total Environment**, v. 613-614, p. 810–819, 2018.

TEIXEIRA, P.; C.; DONAGEMMA, G.; K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.; G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. EMBRAPA 2017.

FAGERIA, N.K.; NASCENTE, A.S. Management of soil acidity of South. American soils for sustainable crop production. **Advances in Agronomy**, v.128, p. 221–275, 2014.

FOX, D.G.; SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; RUSSELL, J.B.; VAN SOEST, P.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 3578-3596, 1992.

FREIRIA, A.C.; MANTOVANI, J.R.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; YAGI, R. Alterações em atributos químicos do solo pela aplicação de calcário na superfície ou incorporado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.30, p.285-291, 2008.

GETAHUN, G. T.; ETANA, A.; MUNKHOLM, L. J.; KIRCHMANN, H. Liming com CaCO₃ ou CaO afeta agregar estabilidade e dissolvido reativo fósforo no um pesado argila subsol. **Soil & Tillage Research**. v. 214, p. 105-162. 2021.

GONÇALVES J.R.P; MOREIRA A.; BÜLL LT, CRUSCIOLC.A.C; VILLAS BOAS R.L. Granulometria e doses de calcário em diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, p. 369-75, 2011.

GOULDING, K. W. T. Soil acidification and the importance of liming agricultural soils with particular reference to the United Kingdom. *Soil Use and Management*. v. 32, p. 390–399. 2016.

HEYBURN, J.; MCKENZIE, P.; CEAWLEY, M. J.; FORNARA, D. A. Long -term belowground effects of grassland management: the key role of liming. v. 7, p. 2001-2012, 2017.

INSUA, J.R.; AGNUSDEI, M.G; MARCO, O.D. Leaf morphogenesis influences the dynamics of the nutritive value of fescue (*lolium arundinaceum*) cultivars with diferente leaf softness. **Crop and Pasture Science**, v. 68, p. 51–61, 2017.

ISAYENKOV, I.; ISNER, J.C.; MAATHUIS, FRANS, J.M.M. Vacuolar ion channels: roles in plant nutrition and signalling. **FEBS Letters**, v. 584, p. 1982-1988, 2010

KRYZEVICIUS, Z.; KARCAUSKIENE, D.; ÁLVAREZ-RODRÍGUEZ, E.; ZUKAUSKAITE, A. The effect of over 50 years of liming on soil aluminium forms in a Retisol. **The Journal of Agricultural Science**. v. 157 12–19, ISSN: 1469-5146. 2019.

KUNHIKRISHNAN, A.; THANGARAJAN, R.; BOLAN, N. S.; XU, Y.; MANDAL, S.; GLEESON, D. B.; SESHADRI, B.; ZAMAN, M.; BARTON, L.; TANG, C.; LUO, J.; DALAL, R.; DING, W.; KIRKHAM, M. B.; NAIDU, R. Functional relationships of soil acidification, liming, and greenhouse gasflux. **Advances in Agronomy**, v.139, p.1–71, 2016.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plants communities. In: HODSON, J.; ILLIUS, A. W. (ed) *The ecology and management of grazing systems*. Guildford: CAB International, 1996, Cap 1, p. 3-36.

LEHMANN, J.; KLEBER, M. The contentious nature of soil organic matter. **Nature**, v. 528, p. 60–68, 2015.

LI, Y.; CUI, S.; CHANG, S. X.; ZHANG, Q. Liming effects on soil pH and crop yield depend on lime material type, application method and rate, and crop species: a global meta-analysis. **Journal of Soils and Sediments**, v. 268, n. 25 p. 136-145. 2019.

LOPES, A.S.; SILVA, M.C.; GUIMARÃES GUILHERME, L.R. Correção da acidez do solo. São Paulo (SP): ANDA, (Boletim Técnico, 1), 1991, p. 22.

MARTUSCELLO, J.A.; SILVA, L.P.; CUNHA, D.N.F.V. BATISTA, A.C.S.; BRAZ, T.G.S.; FERREIRA, P.S. Adubação nitrogenada em capim-massai: morfogênese e produção. **Ciência Animal Brasileira**, v.16, p.1-13, 2015.

MEDEIROS, J.C.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, A. L; ROSA, J. D.; GATIBONI, L. C. Relação cálcio:magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico Álico. **Ciências Agrárias**, v. 29, n. 4, p. 799-806, 2008.

NOLLA, A.; ALVES, E.O.S.; SILVA, T.G.; BORDIN, A.V. Correction of soil acidity and availability of phosphorus and potassium in an oxisol submitted to surfaced and incorporated liming. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**. v. 3, p. 2478-2487, 2020.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.H.V.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. 1ª reimpressão. Viçosa: Editora UFV. 2007, p.1017.

OLIVEIRA, J.K.K.; CORRÊA, D.C.C.; CUNHA, A.M.Q.; RÊGO, A.C.; FATURI, D.; SILVA, W.L.; DOMINGUES, F.N. Effect of nitrogen fertilization on production, Chemical composition and morphogenesis of guinea grass in the humid tropics. **Agronomy**, v. 10. p.1840, 2020.

PAGANI, A.; MALLARINO, A. P.; Soil pH and crop grain yield as affected by the source and rate of lime. **Nutrient Management & Soil & Plant Analysis**. v. 76, p. 1877-1886. 2012.

PEDROSO, R. J. F.; CANIZARES, G.P.J.; ESPINOSA, R.R; JIMÉNEZ, H. A. Response of different *Urochloa* pastures to liming, cultivated in Sabana de Manacas region, Cuba. **Cuban Journal of Agricultural Science**. v. 55, p. 1877-1886. 2021.

- PENN, C. J.; CAMBERATO, J. J. A critical review on soil chemical processes that control how soil pH affects phosphorus availability to plants. **Agriculture**, v. 9, p. 120, 2019.
- PEZZOPANE, C. G.; LIMA, A.G; CRUZ, P.G.; BELONI, T.; FÁVERO, A. P.; SANTOS, P.M. Evaluation and strategies of tolerance to water stress in *Paspalum* germplasm. **Prados Tropicais-Forrajes Tropicales**. v. 5, p. 153 – 162, 2017.
- RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC. 1997. 285p.
- RAIJ, B.V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas (SP): Instituto Agrônomo, p.285, 2001.
- RAMOS, F.; T.; DORES, C.; F.; G.; E.; WEBER, S.; L.; O.; BEBER, C.; D.; CAMPELO JR, H.; J.; MAIA, J.; C.; S. Soil organic matter doubles the cation exchange capacity of tropical soil under no-till farming in Brazil. **Science of Food and Agriculture**. v. 98, p. 3595- 3602, 2018.
- RIBEIRO, A. C. GUIMARÃES, S. P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: Editora UFV. 1999, p. 359. RYAN, P. R. Assessing the role of genetics for improving the yield of Australia's major grain crops on acid soils. **Crop and Pasture Science**, v. 69, n. 21, p. 242, 2018.
- SAENTHO, A.; WISAWAPIPAT, W.; LAWONGSA, P.; ARAMRAK, S.; PRAKONGKEP, N.; KLYSUBUN, W.; CHRISTL, I. Speciation and pH- and particle size-dependent solubility of phosphorus in tropical Sandy soils. **Geoderma**. v. 408, p. 115-490. 2022.
- SAMPAIO, J.A.; ALMEIDA S.;L.; M. Calcário e dolomito. In: Luz AB da & Lins AF (Eds) Rochas e Minerais Industriais: Usos e Especificações. Rio de Janeiro, CETEM/MCTI. p.363-387, 2008.
- SANTOS, J. A.; FONSECA, A. F.; ZOCCO, D.; VIEIRA, I. Exchangeable cations and available phosphorus in soils with variable charge after application of special liming materials. **African Journal of Agricultural**. v. 11, p. 2744-2760. 2016.
- SANTOS, M.E.R.; FONSECA, D.M.; BRAZ, T.G.S.; SILVA, S.P; GOMES, V.M; SILVA,G.P. Características morfogênicas e estruturais de perfilhos de capim- *brachiaria* em locais do pasto com alturas variáveis. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 40, p. 535-542, 2011.
- SAS Institute Inc. 2015. **SAS/STAT® 14.1 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- SERRANO, J.; SHAHIDIAN, S.; SILVA, J. M.; MORAL, F.; RAMIREZ, F.C.; CARREIRA, E.; PEREIRA, A.; CARVALHO, M. Evaluation of the effect of dolomitic lime application on pastures—case study in the montado mediterranean ecosystem. **Sustainability**. v. 12, p. 37-58; 2020.

SIMONSSON, M.; OSTLUND, A.; RENFJALL, L.; SIGTRYGGSSON, C.; BORJESSON, G.; KATTERER, T. Pools and solubility of soil phosphorus as affected by liming in long-term agricultural field experiments. **Geoderma**. v.315, p. 208-219, 2018.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.3562-3577, 1992.

SOUZA, R. J; CARVALHO, J. G. Efeito de doses de nitrogênio aplicadas no solo e níveis de cálcio aplicados via foliar sobre o teor e o acúmulo de micronutrientes em alface americana. **Ciência e Agrotecnologia**., Lavras, v. 24, p. 905-916, 2000.

SOUSA, D. M. G., LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2a ed. Brasília: Embapa, 2004, p.416p.

TEIXEIRA, R. N. V.; PEREIRA, C. E.; KIKUTI, H.; DEMINICIS, B. B.; VALENTE, T. N. P. Productive capacity of brachiaria brizantha (Syn. Urochloa brizantha) cv. Marandu subjected to liming and nitrogen application. **African Journal of Agricultural**. v. 13, p. 1901-1906. 2018.

VALLE, C. B. do; EUCLIDES, V. P. B.; PEREIRA, J. M.; VALÉRIO, J. R.; PAGLIARINI, M. S.; MACEDO, M. C. M.; LEITE, G. G.; LOURENÇO, A. J.; FERNANDES, C. D.; DIAS FILHO, M. B.; LEMPP, B.; POTT, A.; SOUZA, M. A. de. **O capim xaraés (*Brachiaria brizantha* cv. Xaraés) na diversificação de pastagens de braquiária**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2004. p.36. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 149).

VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. 2.ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476p.

ZHANG, Y.; HE, X.; LIANG, H.; ZHA, J.; XU, C.; Shi, X. Long-term tobacco planting induces soil acidification and loss of soil base cations. **Environmental Science and Pollution Research**. Int., v.23, p. 5442 – 5450 2016.

YAKOVLEVA, L.V.; DANILOV, D. A.; NIKOLAEVA, E. A. Effect of mineral and organic fertilizers on potassium leaching in sandy loam soils. Conf. Series: **Materials Science and Engineering**. v. 828, p. 012-032. 2020.

ZANG, Q.H.; ZHAO, X.Q.; CHEN, Y.L.; WANG, J.L.; SHEN, R.F. "Improved root growth by liming aluminum-sensitive rice cultivar or cultivating an aluminum-tolerant one does not enhance fertilizer nitrogen recovery efficiency in an acid paddy soil". **Plants**. v. 9, p.765. 2020.

ZHANG, G. B.; MENG. S.; GONG, J. M. The Expected and Unexpected Roles of Nitrate Transporters in Plant Abiotic Stress Resistance and Their Regulation. **International Journal of Molecular Sciences**. v. 19, p. 3535, 2018.