



ANTÔNIO EDREY DE CASTRO

**SOFTWARE DE ANÁLISE E RECOMENDAÇÃO DE
CORREÇÃO E ADUBAÇÃO PARA OS SOLOS DE MINAS
GERAIS**

LAVRAS – MG

2021

ANTÔNIO EDREY DE CASTRO

**SOFTWARE DE ANÁLISE E RECOMENDAÇÃO DE CORREÇÃO E ADUBAÇÃO
PARA OS SOLOS DE MINAS GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Agronomia, para a
obtenção do título de Bacharel.

Dr. João José Granate de Sá e Melo Marques

Dr. Pedro Maranhã Peche

LAVRAS – MG

2021

ANTÔNIO EDREY DE CASTRO

**SOFTWARE DE ANÁLISE E RECOMENDAÇÃO DE CORREÇÃO E ADUBAÇÃO
PARA OS SOLOS DE MINAS GERAIS**

**SOFTWARE FOR ANALYSIS AND RECOMMENDATION OF CORRECTION AND
FERTILIZATION FOR THE SOILS OF MINAS GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Agronomia, para a
obtenção do título de Bacharel.

APROVADO EM 20/05/2021

Dr. João José Granate de Sá e Melo UFLA

Dr. Pedro Maranhã Peche UFLA

Dra. Shirlei Almeida Assunção UFLA

Msc. Gustavo Cesar Dias Silveira UFLA

Dr. João José Granate de Sá e Melo Marques

Orientador

Dr. Pedro Maranhã Peche

Coorientador

LAVRAS – MG

2021

*À minha mãe Ana Witth, meu exemplo de dedicação e amor
pelo que se faz e minha motivação para chegar até aqui.*

*Ao meu pai Adriel, aos meus avôs Antônio e José e a todos
aqueles que, assim como eles, independentemente de
qualquer circunstância, sob sol e chuva, trabalham a terra
com o propósito de prover o sustento de suas famílias e
saciar a fome da sociedade.*

Homenageio e dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo dom da vida e por me permitir viver da Sua graça.

Aos meus pais Ana Witth e Adriel por não medirem esforços para auxiliar nos meus projetos, me oferecendo amor e apoio incondicional. Sou grato aos meus irmãos Stephane e Murilo pelo carinho incessante.

À Rafaela pelo companheirismo neste trajeto, pela dedicação e incentivo; investindo e acreditando em mim independentemente de qualquer circunstância.

À Universidade Federal de Lavras por me ofertar um ambiente de constante aprendizado, me permitindo conviver com profissionais de excelência e por me desafiar constantemente, tornando-me um profissional capaz de se adaptar às circunstâncias

Aos amigos de Águas Formosas pelo constante apoio, amizade e cooperação, principalmente a Davi e a Luan.

Aos meus familiares, meus avós, meus primos e meus tios; em especial a Mayra (*in memorian*) e a Renata (*in memorian*), duas irmãs que Deus me presenteou na forma de primas; por todo o carinho e colaboração.

Aos vários companheiros da vivência acadêmica que colaboraram para o meu desenvolvimento pessoal e profissional, em especial aos companheiros do Alojamento Estudantil, aos amigos da República Bagaceira e aos que, mesmo vivendo em outras partes, também compartilharam suas rotinas comigo, criando laços análogos aos familiares, em especial a: Sudário, Bruno José, Rodrigo, Douglas V., Jordana, Alisson, Douglas F., Lucas, Murilo, José, Marco Thúlio, Ana e a todos aqueles que de alguma forma me agregaram às suas vidas.

Aos motoristas que sempre me ajudaram nas estradas com caronas, conversas e conselhos, manifesto o meu carinho àqueles que tem sua vida ligada à estrada, principalmente aos caminhoneiros que transportam o progresso no nosso Brasil. Ressalto minha gratidão ao Gabriel Vieira por suas ajudas e extrema generosidade.

Aos membros e aos professores dos Núcleos de Estudo: NEGEO, NECS e NEFOR, pelas parcerias e aprendizado.

Aos meus orientadores em projetos no decorrer dessa jornada: Bruno Montoani, Bruno Alves, Fátima Moreira, João José Melo, Márcio Lara e Pedro Peche pela confiança, dedicação e compreensão.

A todos aqueles que de alguma forma me relacionei no Departamento de Ciência do Solo, em especial ao Setor de Física e Conservação do Solo e da Água e do Setor de Microbiologia do Solo, pelas contribuições imensuráveis no meu desenvolvimento acadêmico.

Aos companheiros de intercâmbio na Colômbia por permitirem que aquela experiência fosse única.

“...tudo é possível ao que crê”

Marcos 9:23

RESUMO

As inovações tecnológicas na agricultura das últimas décadas são consideráveis e tem contribuído relevantemente para o desenvolvimento da sociedade, uma vez que garantem a segurança alimentar e, por meio da redução dos custos, uma maior democratização ao acesso a alimentos de qualidade. O Brasil já alimenta um quinto da população mundial e ainda que a perspectiva futura seja de um grande crescimento populacional, se espera que o Brasil seja capaz de responder por metade da alimentação da população mundial em algumas décadas. Embora sejam inquestionáveis os avanços na agricultura brasileira, muitos produtores ainda têm dificuldades em utilizar das tecnologias desenvolvidas seja por falta de conhecimento, por inacessibilidade à assistência técnica ou por falta de ferramentas simplificadas. Um dos manejos mais básicos e com elevada eficiência é a correção do solo por meio da calagem e da gessagem, no entanto, a interpretação da análise do solo e os cálculos para a obtenção das recomendações apresentam certa complexibilidade. Uma boa nutrição vegetal é um dos principais fatores para a obtenção de uma elevada produtividade, porém bem como a correção do solo, a interpretação dos dados e os cálculos para a recomendação. A partir do exposto, o objetivo deste estudo foi desenvolver um software para a análise, interpretação e recomendação da correção do solo e adubação. Foi elaborada uma planilha na qual se deve inserir os resultados da análise de solo e, por meio de algoritmos que utilizam de lógicas, condicionais e operações básicas com referência na literatura específica, resulta em recomendações de calagem, gessagem e adubação específicas àquela análise. O software se mostrou prático e funcional, oferecendo resultados precisos, podendo ser uma opção atrativa a pequenos produtores e outras classes que demandem de corrigir o solo em algum momento.

Palavras-chave: Interpretação do Solo. Calagem. Adubação. Fertilizantes. Gessagem. Análise de Solos.

LISTA DE SIGLAS

PIB	Produto Interno Bruto
Al	Alumínio
Ca	Cálcio
Mg	Magnésio
P	Fósforo
pH	Potencial Hidrogeniônico
H	Hidrogênio
CTC	Capacidade de Troca de Cátions
Fe	Ferro
N	Nitrogênio
ATP	Adenosina Trifosfato
ADP	Adenosina Difosfato
MG	Minas Gerais
K	Potássio
S	Enxofre
dm ³	Decímetro Cúbico
TFSA	Terra Fina Seca ao Ar
m _t	Máxima Saturação de Alumínio Tolerado
X	Disponibilidade mínima de Ca ²⁺ + Mg ²⁺ requerida pela cultura
V _e	Saturação por bases esperada ou a ser atingida pela calagem
NC	Necessidade de Calagem
P-rem	Fósforo remanescente
PRNT	Poder Relativo de Neutralização Total
NG	Necessidade de Gessagem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1	Correção do Solo	3
2.1.1	Calagem.....	3
2.1.2	Gessagem.....	4
2.2	Adubação	4
2.3	Macronutrientes	5
2.3.1	Nitrogênio.....	5
2.3.2	Fósforo.....	6
2.3.3	Potássio.....	6
2.3.4	Cálcio.....	7
2.3.5	Magnésio	7
2.3.6	Enxofre	8
2.4	Micronutrientes	8
2.4.1	Ferro	8
2.4.2	Cobre	8
2.4.3	Manganês.....	9
2.4.4	Zinco.....	9
2.4.5	Molibdênio	9
2.4.6	Boro	9
2.4.7	Cloro.....	9
2.5	Formas de absorção dos nutrientes	10
2.6	Fontes orgânicas e minerais	10
2.7	Parâmetros de Análise do Solo	15
2.7.1	Amostragem	15
2.7.2	Análises em Laboratório.....	16
2.8	Interpretação da Análise de Solo	17
2.8.1	Cálculos	17
2.8.2	Capacidade de Troca de Cátions	17
2.8.3	pH.....	17
2.8.4	Soma das bases trocáveis.....	18
2.8.5	Saturação por bases	18
2.8.6	Saturação por Alumínio.....	18
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	19

3.1	Cálculos de recomendação de calagem	19
3.1.1	Método Neutralização do Al e Ca+Mg	19
3.1.2	Método de saturação por bases	21
3.2	Cálculos de Recomendação de Gessagem	21
3.2.1	Recomendação com base na textura do solo	21
3.2.2	Recomendação com base no P-rem	22
3.2.3	Recomendação com base na determinação da NC	23
3.3	Cálculos de Recomendação de Adubação	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5	CONCLUSÕES	29
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
	APÊNDICE A – saída para correção do solo	33
	APÊNDICE B – saída para adubação.....	34

1 INTRODUÇÃO

Desde a década de 1970, houve grande decréscimo, quase que linear, no preço da conhecida cesta básica de alimentos, com raras exceções de pequenos momentos de elevação. Esta diminuição do preço da cesta básica se deve, principalmente, à elevação da produtividade propiciada graças aos avanços tecnológicos ocorridos na agricultura, advindos, entre outros, da correção do solo e da adubação das plantas. Por meio desse desenvolvimento, muitos alimentos tiveram seus valores reduzidos para aproximadamente um terço do que eram há 50 anos. Tal cenário favorece de forma significativa os consumidores, principalmente os de baixa renda e contribui com a redução da pobreza rural e urbana (ALVES; SOUZA; BRANDÃO, 2010).

Com produção de 232,6 milhões de toneladas de grãos na safra 2017/18, o Brasil é o terceiro maior produtor agrícola de alimentos do mundo, com perspectiva de produzir 302 milhões até a safra de 2027/28, o que representa um incremento de 69 milhões de toneladas nesse intervalo de tempo e um crescimento de 2,5 % ao ano (MAPA, 2018). Segundo dados do (CEPEA, 2020), no ano de 2019, a agricultura correspondeu por 1,06 trilhões de reais e teve uma participação de 15 % do PIB nacional daquele ano, exportando para cerca de 190 países (EMBRAPA, 2019). Informações da FAO (2009), indicam que a população mundial atinja 9 bilhões de pessoas até a década de 2050. Nesse cenário, para atender a demanda do acréscimo desses 2 bilhões de pessoas, o Brasil terá que responder por 40 % do aumento da produção mundial de alimentos, graças aos seus recursos hídricos, tecnológicos e humanos.

Todos os resultados favoráveis atuais e a expectativa positiva em relação à agricultura brasileira são um reflexo da eficiência no desenvolvimento de tecnologias pelas instituições de pesquisa e suas aplicações pelo homem do campo além de, claro, os fatores naturais, os quais colocam o Brasil numa posição privilegiada. Porém, apesar de tantas vantagens, ainda há muito o que ser feito e muito o que ser melhorado, elevando a produtividade, tornando os sistemas produtivos sustentáveis e melhorando a qualidade de vida nas áreas rurais e urbanas.

A produtividade de uma lavoura é dependente de quatro fatores básicos: relacionados ao ambiente e clima, ao solo, à planta e ao manejo. A fertilidade é a principal característica do valor agrônômico do solo e tem elevada influência na produtividade das lavouras. Ela define a capacidade do solo em disponibilizar nutrientes às plantas nas quantidades e proporções satisfatórias, e pode ser manejada pelo produtor com certa facilidade, afim de atender às demandas da lavoura (LUZ; FERREIRA; BEZERRA, 2002). Para elevar a eficiência da produção agrícola, há muitas alternativas, destacando-se a correção do solo e adubação, que

apresentam grande facilidade no seu manejo, viabilidade econômica e ambiental, além disso, com o incremento da produtividade agrícola, é esperada uma melhoria na qualidade de vida no campo, portanto agregando também no âmbito social.

Ainda hoje, as informações sobre esses processos contêm certa complexidade e, para alguns pequenos e médios produtores, a assistência técnica é tida como inacessível devido a diversos fatores, como conservadorismo e financeiro. Uma ferramenta que os auxiliassem a incrementar a fertilidade do solo seria de grande utilidade. Desse modo, este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um programa de fácil usabilidade baseado na bibliografia existente e que pudesse ajudar nesse âmbito a alguns produtores.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Considerando uma série de estudos realizados desde a década de 1950, é um consenso entre os pesquisadores que a calagem, aliada à gessagem, é o meio mais consagrado para a correção do solo e para a oferta de um ambiente favorável às raízes das plantas ali cultivadas. Devido às alterações espaciais das características do solo, a necessidade de calagem e a necessidade de gessagem, como dependentes dessas características, também tendem a variar. Além da correção do solo, para uma produção eficiente, é indispensável que a planta tenha acesso aos nutrientes por meio da solução do solo, sendo então necessário inserir no sistema aqueles nutrientes que o solo não disponibiliza, de acordo com a oferta e com a necessidade específica de cada cultura.

2.1 Correção do Solo

2.1.1 Calagem

Os solos de Minas Gerais, em sua maioria, apesar de oferecerem boas características físicas, apresentam propriedades químicas inadequadas como: elevada acidez, altos teores de Al trocável e deficiência de nutrientes, principalmente de Ca, de Mg e P. Para elevar o pH do solo, neutralizando a alta acidez superficial e, assim, possibilitando incrementos na produtividade, é recomendada a inserção de calcário no sistema produtivo por meio do processo denominado como calagem (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ V, 1999).

Além de neutralizar a acidez, a calagem tem também como benefícios: (i) a elevação da eficiência dos fertilizantes e sua absorção pelas plantas; (ii) aumento da disponibilidade de nutrientes no solo; (iii) melhoria das condições químicas do solo, favorecendo um maior desenvolvimento radicular das plantas; (iv) estímulo à atividade microbiana do solo, devido à elevação do pH e dos nutrientes Ca e Mg; (v) aumento da população microbiana, com maior quantidade de fixação de nitrogênio e (vi) decomposição dos resíduos orgânicos acelerada. No entanto, com todas essas vantagens, ainda se apresenta como um processo muito econômico e extremamente viável (BARBOSA FILHO; FAGERIA; DA SILVA, 2003). Se bem manejada, a calagem ainda é útil para preservar e, quando possível, elevar os teores de matéria orgânica do solo. A calagem define-se, então, como um processo fundamental para oferecer um melhor ambiente para o sistema radicular das plantas. A subutilização da calagem está, em muitos casos, diretamente relacionada com casos de baixas produtividades (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ V, 1999).

Conforme ocorre o aumento do pH do solo, o Al^{3+} sofre hidrólise, disponibilizando sítios de troca de cátions ou ainda ocasiona a dissociação do H, ocasionando assim o aumento da CTC ao pH do solo, podendo haver aumento de 50 % na CTC efetiva do solo com carga variável quando se o pH de 5,0 para 6,0 (CAMARGO et al., 1997).

Com a intenção de corrigir o solo por meio da calagem é importante se atentar à antecedência da aplicação de calcário em relação ao plantio, um calcário com poder relativo neutralizante total (PRNT) de 100% tende a reagir completamente com o solo após 90 dias. O PRNT está diretamente relacionado com o poder de neutralização e com a reatividade do calcário. Para a obtenção do valor da necessidade de calagem (NC), considerando-se a aplicação de calcário com PRNT 100 %, distribuído em área total na profundidade da camada arável (0-20 cm). Porém na prática, geralmente, as condições das aplicações são distintas (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ V, 1999).

Os critérios de recomendação de calagem variam de acordo com objetivos e princípios analíticos envolvidos, e o próprio conceito de necessidade de calagem irá depender do objetivo dessa prática. Então, a necessidade de calagem é a quantidade de corretivo necessária para reduzir a acidez do solo, de uma condição inicial até um nível desejado ou é a dose de corretivo necessária para se atingir a máxima eficiência econômica de uma cultura específica (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ V, 1999).

2.1.2 Gessagem

O gesso agrícola é um subproduto da indústria de ácido fosfórico e que tem como compostos principais o Ca e o S; contendo também, em menores concentrações, P e Fe. O gesso agrícola apresenta ampla disponibilidade e custo relativamente baixo a depender da região. De acordo Carvalho e Van Raij (1997), o gesso apresenta eficiência satisfatória na melhoria dos efeitos da acidez no subsolo. A reação do aplicação de gesso em superfície seguida por lixiviação para subsolos ácidos permite um melhor desenvolvimento radicular, resultando em uma maior absorção de água e nutrientes pelas raízes das plantas (CARVALHO; VAN RAIJ, 1997). Tal melhoria do ambiente radicular se dá devido à elevação dos teores de Ca, reações químicas com o Al que resultam em compostos menos tóxicos, como o AlSO_4^+ ; além da precipitação de alumínio na forma de Al^{3+} (SHAINBERG et al., 1989).

2.2 Adubação

Para realizar as adubações de manutenção da fertilidade do solo há de se ter em conta a utilização dos nutrientes pelas plantas e as exportações dos mesmos pela colheita. Por exemplo,

na cultura do milho para grãos, a planta absorve nutrientes para o seu desenvolvimento. A extração de nutrientes ocorre desde os seus primeiros instantes até a colheita. Na colheita, os grãos são exportados e neles os nutrientes. As outras partes da planta ficam na área e comporão, no futuro, a matéria orgânica do solo que, com o tempo, se decomporá e seus nutrientes passarão pelo processo de mineralização, disponibilizando-se para as plantas que ocuparão a área, levando à ciclagem dos mesmos (SCHERRER MENEZES et al., 2018). Os nutrientes exportados deverão ser considerados e repostos nas recomendações a se fazer a fim de não permitir que se esgotem ou que se tornem deficientes. Portanto, é crucial que se tenha conhecimento das exportações de nutrientes na área para a manutenção da fertilidade do solo (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ V, 1999).

Ainda que os termos macro e micronutrientes causem a ideia errônea de que tenham importância distinta ou até mesmo de que uma classe é indispensável enquanto a outra não, todos os nutrientes são indispensáveis para que a planta complete o seu ciclo. A divisão dessas classes considera somente a quantidade requerida de cada um pela planta. Os macronutrientes ocorrem nas plantas em concentrações de 10 a 5.000 vezes superior à dos micronutrientes, dependendo da planta e do órgão analisado (UNESP, 2006).

De acordo a Lei de Liebig, formulada por volta de 1840, a produção vegetal é limitada pelo nutriente ou recurso essencial que se apresente na disponibilidade mais indesejada. Portanto, é fundamental que haja um manejo visando atender com o máximo de precisão todos os recursos requisitados por aquela cultura, principalmente os nutrientes (KREUZ; LANZER, 1995).

2.3 Macronutrientes

2.3.1 Nitrogênio

O N é tido como o principal elemento para as plantas no que se refere aos teores, estando diretamente relacionado às reações bioquímicas, presente na composição das biomoléculas mais importantes, tais como ATP, NADH, NADPH, clorofila, proteínas e inúmeras enzimas. Costuma ser o fator limitante da maioria das lavouras, pois influencia no crescimento e desenvolvimento da planta mais que qualquer outro nutriente (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000). Há muitas perdas do N aplicado nos solos. Geralmente, menos de 50 % do N aplicado na forma de fertilizantes químicos no solo são aproveitados pelas plantas. As perdas no solo são devido à dinâmica do nutriente no solo decorrente de inúmeros processos aos quais o N está sujeito. Como resultados desses processos, um elevado percentual desse

elemento é perdido principalmente pela lixiviação de nitrato, volatilização de amônia e emissão de N_2 , N_2O , além de outros óxidos de nitrogênio (ANGHINONI, 1986). A sua deficiência ocasiona: crescimento vegetal lento e reduzido, caules finos e menor número, tamanho e espessura das folhas, desfolhação precoce e amarelecimento das folhas (RICHART et al., 2017).

2.3.2 Fósforo

O P é o principal elemento no processo de transformação e armazenamento da energia produzida na fotossíntese e também na respiração, sob a forma ATP e ADP. O P também é elemento essencial nos ácidos nucléicos RNA e DNA, formando a ponte estrutural entre os nucleotídeos. Os solos de Minas Gerais apresentam geralmente baixa concentração de P disponível e elevada retenção do P aplicado via fertilizantes (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ V, 1999). O processo de adsorção de P pelos óxidos, hidróxidos e oxiidróxidos de Fe e Al é um dos principais fatores envolvidos no processo de indisponibilização do P nos solos do bioma cerrado (LOPES; COX, 1979). De acordo com Curi e Franzmeier (1984), a goethita é o principal mineral responsável pelo fenômeno de adsorção de P nos solos do Cerrado. Outros minerais que apresentam grupos OH expostos têm o mesmo efeito, como é o caso da caulinita, que tem elevada afinidade pelo P (SOUZA et al., 2006). Devido a este contexto, o P, assim como o N, é tido como um dos nutrientes mais limitantes à produção agrícola (UNESP, 2006). A deficiência do nutriente está atrelada à clorose generalizada das folhas, raquitismo severo ocasionado pelo retardamento no crescimento e caules atrofiados, diminuição no número de frutos e sementes, detença no florescimento e tamanho reduzido da planta, redução do índice da área foliar e aumento da densidade radicular nas camadas superficiais (RICHART et al., 2017).

2.3.3 Potássio

Geralmente, o segundo nutriente mais exigido em quantidade é o K. Porém diferentemente do N, o K não tem função estrutural. Sua principal função nas plantas é a de ativador enzimático. Para a atividade normal da planta, mais de 60 enzimas são dependentes do K. Este nutriente está relacionado às alterações na conformação das estruturas moleculares, elevando a exposição dos sítios ativos para o contato com o substrato (UNESP, 2006). O K está relacionado à manutenção hídrica da planta, controle dos estômatos, turgescência das células, armazenamento e translocação de carboidratos recém-formados, desenvolvimento de raízes e amadurecimento dos frutos (FAQUIN, 2005; RIBEIRO; TEIXEIRA, 2008). Sua deficiência está relacionada à baixa quantidade e qualidade dos frutos, sistema radicular pouco

desenvolvido e alta flexibilidade do caule (FAQUIN, 2005). O aumento da flexibilidade faz com que as plantas acometidas com essas características apresentem tendências ao acamamento e maior sensibilidade a doenças, além de desfolha prematura (RICHART et al., 2017; THEODORO; MARINGONI, 2006). Assim como ocorre com o P, o K disponível tende a aparecer em baixos teores nos solos do cerrado, como os latossolos (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ V, 1999). Depois do P, o K é o nutriente mais consumido na agricultura brasileira (UNESP, 2006).

2.3.4 Cálcio

A principal função do Ca é estrutural. Ele agrega resistência mecânica à parede celular e é neutralizador de ácidos orgânicos na matriz citoplasmática. Entre 30 e 50 % do Ca total da planta está retido no apoplasto, confinado nas estruturas da parede celular. Também ocorre na superfície externa da membrana plasmática. No interior das células, ele está concentrado no vacúolo e, em menor teor, no citoplasma (UNESP, 2006). De acordo com Scott e Loewus (1986), o Ca também é essencial para a germinação do grão de pólen e desenvolvimento do tubo polínico, supostamente devido à sua função na síntese da parede celular ou no funcionamento da membrana plasmática. A adição de Ca no sistema pode ser feita através da gessagem e da calagem (UNESP, 2006). Dentre outros efeitos, a deficiência de Ca pode causar: raquitismo, deformação das folhas jovens, baixa frutificação, baixa produção de sementes e colapso do pecíolo (RICHART et al., 2017).

2.3.5 Magnésio

O Mg é fundamental na fotossíntese, sendo o elemento central da clorofila, tendo também função em outras reações energéticas da planta. O Mg é o principal ativador enzimático do metabolismo vegetal, sabe-se que o Mg atua nas reações de regeneração da ribulose difosfato, que é o aceptor de CO₂ no início do ciclo de Calvin nos cloroplastos (QUEZADA et al., 2011; UNESP, 2006). Como geralmente o Mg é adicionado ao sistema através da calagem, sua adição por meio da adubação não é muito recorrente e, assim, não se tem muitos dados referentes à resposta das culturas. Entretanto, sua deficiência tende a ocorrer em maior frequência em solos ácidos, sendo agravados em culturas que recebem aplicações elevadas de K (FAQUIN, 2005). A deficiência de Mg pode comprometer toda a síntese energética da planta, prejudicando seu desenvolvimento e, conseqüentemente, sua produção (UNESP, 2006). A carência também ocasiona clorose nas folhas, queda prematura das folhas, ápice e limbo curvados para cima, caules finos e crescimento reduzido (RICHART et al., 2017).

2.3.6 Enxofre

O S, assim como o N, é um nutriente que está presente em todas as funções e processos do ciclo do vegetal. O S participa de uma elevada quantidade de compostos como proteínas e aminoácidos, coenzimas, sulfolipídeos, flavonóides, lipídeos, glucosinolatos, polissacarídeos, compostos não saturados, sulfóxidos, alcaloides, nucleotídeos, compostos reduzidos, entre outros. Influencia diretamente na quantidade e na qualidade nutritiva de muitas culturas. Também é importante no mecanismo de defesa da planta contra pragas e doenças (STIPP; CASARIN, 2010). O S costuma ser o macronutriente mais negligenciado pelos produtores e técnicos, ainda que participe de um grande número de compostos e processos e tenha elevada importância para as lavouras. As quantidades requeridas pelas plantas são muito baixas, como as do P. Porém, por ser menos adsorvido, tende a ser mais disponível para as plantas, talvez, por isso, a negligência (NETO et al., 2001). Por participar de um número tão grande de compostos e reações, a deficiência de S provoca muitos distúrbios no metabolismo vegetal. Em condições de carência, ocorre uma diminuição na síntese de proteínas e açúcares e redução no crescimento da planta tanto na parte aérea como na radicular. A fixação biológica do N₂ atmosférico também sofre redução drástica por reduzir a nodulação em leguminosas, além de afetar a síntese de lipídeos e clorose generalizada nas folhas (FAQUIN, 2005; RICHART et al., 2017).

2.4 Micronutrientes

2.4.1 Ferro

Ferro é um constituinte do grupo prostético de proteínas, necessário à síntese de clorofila e à divisão celular; atua na fixação do N₂ e desenvolvimento do tronco e raízes. A carência do nutriente provoca extensa clorose foliar, em que as nervuras permanecem verdes, redução do crescimento vegetal com caules curtos e finos, e inibição do desenvolvimento de primórdios foliares; em casos extremos, é observada uma clorose esbranquiçada nas folhas (RICHART et al., 2017).

2.4.2 Cobre

O Cu é receptor intermediário de elétrons, apresentando função importante na fotossíntese, respiração, redução e fixação de N₂. Sua deficiência altera a tonalidade das folhas, tornando-as verde-azuladas e enroladas permanecendo alongadas, deformadas e com as margens cloróticas voltadas para baixo. Nos cereais, a extremidade da folha se torna branca e pode cair. Além do mais, uma carência moderada, às vezes, causa apenas redução no crescimento e diminuição da colheita, sem sintomatologia característica (FAQUIN, 2005).

2.4.3 Manganês

O Mn é ativador enzimático, controlando reações de oxirredução essenciais à fotossíntese e síntese de clorofila. Sua carência provoca clorose intervenal nas zonas mais jovens, enrolamento e queda de folhas e aparecimento de pontos necróticos espalhados nas folhas. A deficiência de Mn é caracterizada por clorose da superfície das folhas jovens, progredindo para entre as nervuras, definida por um reticulado grosso no qual as nervuras constituem uma rede verde densa sobre um fundo amarelo (FAQUIN, 2005).

2.4.4 Zinco

Zinco em plantas atua como ativador enzimático. Sua carência provoca uma redução do crescimento vegetal, impedindo o alongamento dos caules, a expansão foliar e interferindo na frutificação. Pode-se ter também a faixas amareladas ou brancas entre as nervuras e as bordas das folhas (FAQUIN, 2005).

2.4.5 Molibdênio

Este micronutriente é essencial para a fixação de N₂ e assimilação de nitratos. Na sua deficiência, ocorrem manchas cloróticas intervenais seguidas de necrose marginal e enrolamento foliar, interferindo na frutificação (FAQUIN, 2005).

2.4.6 Boro

O B atua no metabolismo de carboidratos e transportes de açúcares através de membranas, na formação da parede celular, divisão celular e na movimentação da seiva. Contribui para a maior força e resistência de todos os tecidos vegetais. Atua no desenvolvimento das folhas e dos brotos. Sua carência afeta os órgãos de reserva e desorganiza os meristemas, causando a morte das extremidades caulinares, e pecíolos quebradiços. A floração é completamente suprimida ou origina frutos e sementes anormais (FAQUIN, 2005).

2.4.7 Cloro

O Cl está ligado ao metabolismo da água e à transpiração das plantas, além de participar da fotossíntese. Sua carência reduz o crescimento vegetal e provoca o aparecimento de folhas murchas por clorose e necrose, bem como o atrofiamento das raízes. A carência de cloro é raríssima, sendo muito mais comum encontrar excesso do que deficiência. A toxidez do cloro é caracterizada pela queima das margens das folhas localizadas externamente na planta (FAQUIN, 2005).

2.5 Formas de absorção dos nutrientes

Para serem absorvidos pelas plantas, os nutrientes costumam apresentar variações do que seria a sua forma elementar neutra. Essas variações nas espécies químicas dos elementos e a fisiologia das plantas devem ser consideradas na elaboração da adubação. Quase todos os elementos são captados como íons, com cargas de +2, +1, -1, -2. A tabela 1 mostra as formas nas quais os nutrientes são absorvidos:

Tabela 1 – Formas químicas dos nutrientes vegetais.

Nutriente	Elementar	Preferencial	Eventual
Nitrogênio	N	NO_3^-	NH_4^+
Fósforo	P	H_2PO_4^-	HPO_4^-
Potássio	K	K^+	-
Cálcio	Ca	Ca^{++}	-
Magnésio	Mg	Mg^{++}	-
Enxofre	S	SO_4^-	-
Boro	B	H_3BO_3	H_2BO_3^-
Cloro	Cl	Cl^-	-
Cobre	Cu	Cu^{++}	-
Ferro	Fe	Fe^{+++}	Fe^{++}
Manganês	Mn	Mn^{++}	-
Molibdênio	Mo	MoO_4^{--}	-
Zinco	Zn	Zn^{++}	-

Fonte: Adaptado de Malavolta (1980).

2.6 Fontes orgânicas e minerais

Os nutrientes podem ser obtidos de diversas fontes sejam minerais ou orgânicas. Os minerais são extraídos do solo e de minas, passando por transformação sob tratamentos químicos e físicos. Já os orgânicos são feitos a partir de restos de animais e vegetais, materiais que necessitam de transformações de decomposição e mineralização para que seus nutrientes fiquem disponíveis e possam ser absorvidos pelas plantas. Estes, comparados aos fertilizantes químicos, têm seu processo de absorção mais lento. Porém, os adubos orgânicos promovem o desenvolvimento da flora microbiana do solo, favorecendo também na melhora das condições físicas da terra, como retenção da umidade e controle da temperatura. As seguintes tabelas indicam as principais fontes de nutrientes e seus respectivos teores dos utilizados na agricultura nacional.

Tabela 2 – Principais fertilizantes nitrogenados utilizados na agricultura.

Fertilizante	Garantia mínima	Observações
Amônia amidra	82 % de N	-
Nitrato de sódio	15 % de N	Teor de perclorato de sódio não pode exceder a 1%
Ureia	44 % de N	Teor de biureto até 1,5 % para aplicação no solo e 0,3 % para adubação foliar
Nitrato de amônio	32 % de N	-
Nitrato de amônio e cálcio (nitrocálcio)	20 % de N	2 a 8 % de cálcio e 1 a 5 % de magnésio
Sulfato de amônio	20 % de N	O teor de tiocianato de amônio não poderá exceder 1%. Possui 22 a 24 % de enxofre
Cloreto de amônio	25 % de N	62 a 66 % de cloro
Nitrato de cálcio	14% de N	18 a 19% de cálcio; 0,5 a 1,5% de magnésio

Fonte: Adaptado de Silva e Lopes (2012).

Tabela 3 – Principais fertilizantes fosfatados utilizados na agricultura (continua).

Fertilizante	Garantia mínima	Observações
Fosfato diamônico (DAP)	16 % de N 45 % de P ₂ O ₅	-
Fosfato monoamônico (MAP)	9 % de N 48 % de P ₂ O ₅	-
Fosfato natural	34 % de P ₂ O ₅ 30 % de P ₂ O ₅	23 a 27 % de cálcio
Hiperfosfato	(pó); 28 % de P ₂ O ₅	30 a 34 % de cálcio
Superfosto simples	18 % de P ₂ O ₅	18 a 20 % de cálcio; 10 a 12 % de enxofre
Superfosfato triplo	41 % de P ₂ O ₅	12 a 14 % de cálcio
Fosfato natural parcialmente acidulado	34% de P ₂ O ₅	25 a 27 % de cálcio; 0 a 6 % de enxofre; 0 a 2% de magnésio

Tabela 3 – Principais fertilizantes fosfatados utilizados na agricultura (conclusão).

Fertilizante	Garantia mínima	Observações
Termofosfato magnésiano	17 % de P ₂ O ₅	7 % de magnésio; 18 a 20 % de cálcio
Fosfato natural reativo	28 % de P ₂ O ₅	Mínimo de 30 % de cálcio
Escória de Thomas	12 % de P ₂ O ₅	20 a 29 % de cálcio; 0,4 a 3 % de magnésio
Fosfato bicálcico	38 % de P ₂ O ₅	12 a 14 % de cálcio

Fonte: Adaptado de Silva e Lopes (2012).

Tabela 4 – Principais fertilizantes potássicos utilizados na agricultura.

Fertilizante	Garantia mínima	Observações
Cloreto de potássio	58 % de K ₂ O	45 a 48 % de cloro
Sulfato de potássio	48 % de K ₂ O	15 a 17 % de enxofre; 0 a 1,2 % de magnésio
Sulfato de potássio e magnésio	18 % de K ₂ O; 4,5 % de Mg	22 a 24 % de enxofre; 1 a 2,5 % de cloro
Nitrato de potássio	44 % de K ₂ O; 13 % de N	-

Fonte: Adaptado de Silva e Lopes (2012).

Tabela 5 – Principais fertilizantes contendo macronutrientes secundários utilizados na agricultura.

Fertilizante	Garantia mínima	Observações
Sulfato de cálcio (gesso agrícola)	16 % de Ca 13 % de S	-
Cloreto de cálcio	24 % de Ca	-
Sulfato de magnésio	9 % de Mg	12 a 14 % de enxofre
Óxido de magnésio	55 % de Mg	-
Carbonato de magnésio	27 % de Mg	-
Enxofre	99 % de S	-
Nitrato de magnésio	8 % de Mg	11 % de nitrogênio
Cloreto de magnésio	10 % de Mg	29 % de cloro

Fonte: Adaptado de Silva e Lopes (2012).

Tabela 6 – Principais fertilizantes contendo micronutrientes utilizados na agricultura.

Fertilizante	Garantia mínima	Observações
Bórax	11 % de B	-
Ácido bórico	17 % de B	-
Sulfato de cobre	13 % de Cu	-
Óxido cúprico	75 % de Cu	-
Óxido cuproso	89 % de Cu	-
Sulfato férrico	23 % de Fe	-
Sulfato ferroso	19 % de Fe	-
Sulfato manganoso	26 % de Mn	14 a 15 % de enxofre
Óxido manganoso	41 % de Mn	-
Molibdato de amônio	54 % de Mo	5 a 7 % de nitrogênio
Molibdato de sódio	39 % de Mo	-
Óxido de zinco	50 % de Zn	-
Sulfato de zinco	20% de Zn	16 a 18% de enxofre
Cloreto de cobalto	34% de Co	-
Óxido de cobalto	75% de Co	-

Fonte: Adaptado de Silva e Lopes (2012).

Tabela 7 – Composição dos fertilizantes e resíduos orgânicos de origem animal, vegetal e agroindustrial (elementos na matéria seca) (continua).

Materiais orgânicos	C/N	Umidade	%				
			C	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca
Esterco bovino fresco	16	62	26	1,6	1,6	1,8	0,5
Esterco bovino curtido	21	34	48	2,3	4,1	3,8	3,0
Cama de frango de corte	22	28	48	2,2	2,4	2,7	2,3
Esterco de galinha	11	54	34	3,0	4,84	2,4	5,1
Esterco de suíno	10	78	27	2,8	4,1	2,9	3,5
Esterco de equino	25	61	35	1,4	1,3	1,7	1,1
Casca de café ⁽¹⁾	28	11	50	1,8	0,3	3,6	0,4
Farinha de ossos	4	6	16	4,1	27,3	4,3	23,2
Composto de lixo ⁽²⁾	27	41	27	1,0	0,8	0,7	1,9
Lodo de esgoto ⁽²⁾	11	50	34	3,2	3,6	0,4	3,2
Vinhaça in natura	17	95	20	1,2	0,4	8,0	2,0

Tabela 7 – Composição dos fertilizantes e resíduos orgânicos de origem animal, vegetal e agroindustrial (elementos na matéria seca) (conclusão).

Materiais orgânicos	C/N	Umidade	C	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca
	%						
Torta de filtro	21	65	32	1,5	1,7	0,3	4,6
Torta de mamona	9	9	49	5,2	1,8	1,6	2,0
<i>Mucuna</i> spp.	20	87	46	2,3	1,1	3,1	1,5
<i>Crotalaria juncea</i>	25	86	50	2,0	0,6	2,9	1,4
Milho	46	88	50	1,1	0,4	3,3	0,4
-	-	-	-	-	-	-	-
Materiais orgânicos	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	% na massa seca			mg kg ⁻¹ na massa seca			
Esterco bovino fresco	0,3	0,3	15	16	2100	276	87
Esterco bovino curtido	0,9	0,3	24	38	3512	335	329
Cama de frango de corte	0,6	0,4	36	93	1300	302	228
Esterco de galinha	1,1	0,4	27	230	3200	547	494
Esterco de suíno	1,3	0,6	16	937	3700	484	673
Esterco de equino	0,5	0,2	10	22	2732	226	85
Casca de café ⁽¹⁾	0,1	0,1	33	18	150	30	70
Farinha de ossos	0,4	-	0,4	2	11	2	18
Composto de lixo ⁽²⁾	0,2	0,2	3	181	8300	-	432
Lodo de esgoto ⁽²⁾	1,2	0,4	37	870	36000	408	1800
Vinhaça in natura	0,8	1,0	-	100	144	13	60
Torta de filtro	0,5	0,6	11	119	22189	576	143
Torta de mamona	0,9	0,2	30	80	1423	55	141
<i>Mucuna</i> spp.	0,3	0,3	30	23	370	103	66
<i>Crotalaria juncea</i>	0,3	0,2	20	7	281	60	14
Milho	0,2	0,2	16	10	120	110	25

Fonte: Adaptado de Silva e Lopes (2012).

⁽¹⁾Produto resultante do beneficiamento do café em coco, formado pela casca do fruto e o pergaminho.

⁽²⁾Resíduos urbanos (composto de lixo e lodo de esgoto) têm uso proibido em hortaliças, raízes e tubérculos conforme resolução do CONAMA (2006). ⁽³⁾Para cálculo de adubação orgânica devem ser utilizados os teores na massa seca.

2.7 Parâmetros de Análise do Solo

2.7.1 Amostragem

A análise de fertilidade do solo se inicia numa amostragem criteriosa, sendo esta a principal etapa de um programa de avaliação da fertilidade do solo. Os erros cometidos nessa etapa serão continuados nos demais estádios e expressos nos resultados, influenciando de maneira negativa nas recomendações e, conseqüentemente no manejo do solo, podendo causar graves prejuízos econômicos ao produtor e danos ao meio ambiente (BUCK, 2015).

Primeiramente, é necessário definir claramente as glebas que apresentam similaridade para representarem a amostragem do solo, reconhecendo a variabilidade espacial entre elas, considerando vários aspectos como: coloração e textura do solo, relevo, condições de drenagem, histórico de manejo, matéria orgânica, nível de nutrientes, cobertura vegetal e produtividade; apresentando, no máximo, 10 hectares. Delimitadas e referenciadas as glebas, deverão ser coletadas algo em torno de 15 a 20 amostras simples, uma vez que, quanto maior o número de subamostras, maior tende ser a precisão da amostragem; coletadas tanto na linha quanto na entrelinha, numa proporção que varia entre 1:1 e 1:3. Estas amostras deverão ser armazenadas e homogeneizadas em um recipiente limpo, de onde se obterá uma amostra composta de 300 a 500 gramas, que deverá ser devidamente identificada de acordo com a gleba, data, profundidade e demais informações pertinentes (ARRUDA; MOREIRA; PEREIRA, 2014; BUCK, 2015). É importante manter a metodologia aplicada no decorrer do tempo a fim de que se possa realizar uma avaliação e interpretação do histórico da área de forma coerente (OLIVEIRA et al., 2007).

No momento da coleta, é fundamental tomar em conta alguns cuidados como: remoção, caso haja, da camada superficial que possa representar contaminação, bem como de outros resíduos que não configurem como parte do solo que está sendo coletado, pois podem interferir nos resultados. A distribuição dos pontos da gleba também é importante, devendo aqueles ser dispostos da maneira mais uniforme possível, na maioria das vezes em forma de caminhamento em zig-zag, aleatório ou distribuição em *grid*. A escolha de uma estratégia de amostragem depende também do nível de manejo e recursos para tratar a variabilidade existente. É crucial atentar-se a fatores que podem contribuir para erros de representatividade tais como: arredores de habitações, depósitos de adubo e corretivos, cercas, brejos, voçorocas, curvas de nível, árvores, sulcos de erosão, formigueiros, cupinzeiros, esterco, caminho, carreador, ou qualquer outra mancha não representativa da área (ARRUDA; MOREIRA; PEREIRA, 2014; GIMENEZ; ZANCANARO, 2012; OLIVEIRA et al., 2007).

A amostragem de solo convencional (0 a 20 cm) representa a camada arável do solo. A amostragem na profundidade 20 a 40 cm, ainda que não seja muito solicitada, apresenta grande utilidade por quantificar o alumínio tóxico (Al^{3+}) em subsuperfície, que é um dos fatores que impedem o desenvolvimento radicular, fornecendo subsídios complementares para a recomendação da gessagem (COSTA et al., 2007).

2.7.2 Análises em Laboratório

Posteriormente à coleta e ao encaminhamento, as amostras de solo serão recebidas pelos laboratórios. A primeira etapa é a secagem ao ar na sombra e, em seguida, peneiradas com malha de 2 mm de abertura. Após isso, são realizadas as respectivas análises, sendo os resultados expressos com base em volume (dm^3) ou em massa (kg) de TFSA de acordo com a forma de medida da subamostra na análise correspondente (DONAGEMA et al., 2011).

Nos laboratórios que fazem parte do PROFERT-MG, da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG), as análises executadas estão listadas na tabela 8.

Tabela 8 – Análises laboratoriais de solo.

Análise	Método
Convencionais	
pH	em água
Carbono orgânico	Walkley & Black (C.O., Em dag/kg = % (m/m)).
Cálcio trocável	KCl 1 mol/L (Ca^{2+} , em $cmol_c/dm^3$).
Magnésio trocável	KCl 1 mol/L (Mg^{2+} , em $cmol_c/dm^3$)
Acidez trocável	Método KCl 1 mol/L (Al^{3+} , em $cmol_c/dm$).
Acidez potencial	$Ca(OAc)_2$ 0,5 mol/L, pH 7 (H+Al, em $cmol_c/dm^3$).
Fósforo disponível	Mehlich-1 (P, em $mg/dm^3 = ppm$ (m/v)).
Fósforo remanescente	P em solução de equilíbrio (P-rem, em mg/L).
Potássio disponível	Mehlich-1 (K, em $mg/dm^3 = ppm$ (m/v)).
Facultativas	
Enxofre disponível	Hoefl et al. (S, em $mg/dm^3 = ppm$ (m/v)).
Zinco disponível	Mehlich-1 (Zn, em $mg/dm^3 = ppm$ (m/v)).
Manganês disponível	Mehlich-1 (Mn, em $mg/dm^3 = ppm$ (m/v)).
Ferro disponível	Mehlich-1 (Fe, em $mg/dm^3 = ppm$ (m/v)).
Cobre disponível	Mehlich-1 (Cu, em $mg/dm^3 = ppm$ (m/v)).
Boro disponível	Água quente (B, em $mg/dm^3 = ppm$ (m/v)).

Fonte: Adaptado de Ribeiro et al. (1999)

2.8 Interpretação da Análise de Solo

2.8.1 Cálculos

Para análise e posterior recomendação de correção e adubação do solo, são utilizados, além dos teores de nutrientes, alguns parâmetros universais baseados em CTC efetiva, CTC potencial, pH, SB, m% e V%, com o auxílio deles e um conjunto de outros cálculos é possível se chegar aos valores da recomendação. As fórmulas desses cálculos estão apresentadas na tabela que segue.

Tabela 9 – Cálculos de Interpretação da Análise do Solo.

Cálculo	Sigla	Fórmula
Capacidade de Troca de Cátions efetiva	t	$t = SB + Al$
Capacidade de Troca de Cátions potencial	T	$T = SB + H + Al$
Soma das Bases Trocáveis	SB	$SB = Ca + Mg + K$
Saturação de Bases	V%	$V\% = (SB \times 100) / T$
Saturação por Alumínio	m%	$m\% = (Al \times 100) / t$

Fonte: Adaptado de Ribeiro et al. (1999).

2.8.2 Capacidade de Troca de Cátions

A CTC efetiva se refere ao total de cátions que o solo, nas condições da análise de solo (pH natural), pode adsorver na superfície dos seus colóides e que estão prontamente disponíveis à absorção pelas raízes das plantas; este cálculo é válido para determinar a retenção de cátions daquele solo. Já a CTC potencial se refere à máxima retenção de cátions se o pH tiver valor igual a 7,0 (BRAGA, 2011).

2.8.3 pH

A acidez do solo (pH) faz referência à concentração do íon H^+ presente na solução do solo. A acidez do solo pode se apresentar em três formas, a saber: (i) acidez ativa é a quantidade de íons H^+ presentes na solução do solo; (ii) a acidez trocável ou acidez nociva é a concentração de Al^{3+} e H^+ trocáveis que estão adsorvidos nos colóides do solo; e (iii) a acidez não-trocável ou potencial que representa a quantidade de acidez que permanece no solo após a eliminação da acidez trocável, esta é prejudicial ao desenvolvimento vegetal e requer elevadas doses de calcário para sua correção ainda que parcial (NICOLODI; ANGHINONI; GIANELLO, 2008).

2.8.4 Soma das bases trocáveis

O somatório de Ca, Mg, K e, em alguns casos, o Na; indica a soma das bases trocáveis, ou simplesmente soma das bases. Esse valor, juntamente com a CTC a pH 7, permite calcular a saturação por bases (SOUZA; ALVES, 2003).

2.8.5 Saturação por bases

A saturação por bases refere-se ao percentual de pontos de trocas de cátions dos coloides que estão ocupados por Ca, Mg, K e Na. Algumas recomendações de calagem consideram esse valor em seus cálculos (FONSECA E CRUZ et al., 2004).

2.8.6 Saturação por Alumínio

Assim como a saturação por bases, a saturação por alumínio (m) também é expressa em porcentagem e é considerada em algumas recomendações. Porém, esta é calculada com base na CTC efetiva. O valor de m faz referência ao percentual dos pontos de trocas de cátions que estão ocupados por Al. Valores elevados de m indicam um solo que apresenta dificuldades ao desenvolvimento das plantas (VAN RAIJ et al., 1983).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A planilha de cálculos foi desenvolvida sobre o software Excel 2016, pertencente ao pacote Office desenvolvido pela Microsoft Corporation, programando os cálculos de acordo com a obra “Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação” da autoria de Ribeiro, Guimarães e Alvarez V., e publicado no ano de 1999 (Ribeiro et al., 1999).

O software Microsoft Excel foi escolhido por oferecer subsídios que facilitassem o desenvolvimento de algoritmos por meio de suas funções já pré-programadas e pela possibilidade de oferecer aos usuários finais maior usabilidade, já que é um programa bastante popular e que muitas pessoas já têm alguma familiaridade com ele. Por meio das funções do software, os dados provenientes dos resultados de laboratório da análise de solo são submetidos de forma automática aos cálculos de recomendação de calagem, gessagem e adubação considerando os critérios fornecidos pela 5ª Aproximação.

Considerando a obra supracitada, para classificar o Ca, Mg, pH, argila, SB, t, T, V e m de acordo os seus níveis, foi utilizada a função SE, apresentando um teste lógico em acordo com as classes propostas na literatura. Os cálculos de SB, t, T, V, m, Ca+Mg, teores de Ca, Mg e K, assim como as relações entre os nutrientes e os níveis críticos foram realizados utilizando as quatro operações básicas por meio dos comandos no Excel. Já os valores de m_t , X e V_e são condicionados à cultura selecionada pelo usuário na primeira parte da planilha de acordo os valores tabelados. Neste caso, a cultura selecionada no *dropdown list* é pesquisada numa busca vertical num banco de dados e os valores correspondentes são correlacionados horizontalmente.

As culturas selecionadas na planilha, banana, citros, maçã e videira, foram selecionadas devido a expressarem representatividade na produção agrícola e também pela complexidade dos seus cálculos de recomendação da 5ª Aproximação, tornando viáveis a calibração e validação dos testes lógicos aplicados no produto deste trabalho.

3.1 Cálculos de recomendação de calagem

3.1.1 Método Neutralização do Al e Ca+Mg

Para os solos mineiros, Ribeiro et al. (1999) recomendam o método da neutralização do Al e elevação dos teores de Ca+Mg. Nele são levados em conta a tolerância da cultura à elevada acidez trocável, considerando o m_t , a capacidade tampão do solo (Y) e a elevação de Ca e Mg, de modo a atender às exigências das culturas (X). Para uma recomendação para a camada arável do solo (0-20 cm), tem-se:

$$NC = CA + CD, \text{ onde:}$$

CA = correção da acidez até certo valor de m (m_t), de acordo a cultura e a capacidade tampão da acidez do solo (Y):

$$CA = Y [Al - (m_t \cdot t/100)]$$

CD = correção da deficiência de Ca e de Mg, buscando assegurar os teores mínimos desses nutrientes (X):

$$CD = X - (Ca + Mg)$$

Caso o cálculo de CA resulte num número negativo, o seu valor deverá ser considerado como igual a 0. O mesmo vale para o cálculo do CD.

Respeitando-se as orientações acima, tem-se:

$$NC = Y [Al^{3+} - (m_t \cdot t / 100)] + [X - (Ca^{2+} + Mg^{2+})]$$

Onde o valor Y, que será discutido a seguir, está relacionado ao teor de argila do solo ou com os valores de P-rem.

O valor X é função da cultura, sendo tomado 2 como valor para quase todos os casos, com poucas exceções a depender das exigências da cultura. Por exemplo, eucalipto, por ser pouco exigente, assume o valor de 1, já o cafeeiro, a depender da produção pretendida, pode assumir o valor de X igual a 3.

Os valores de Al^{3+} , m_t , t, Ca^{2+} e Mg^{2+} assumem os mesmos valores daqueles apresentados na interpretação da análise laboratorial do solo, expressos em $cmol_c/dm^3$.

3.1.1.1 Estimativa do valor de Y para o cálculo da necessidade de calagem pelo método Neutralização do Al e Ca+Mg com base na textura do solo

Nessa situação, o valor Y é variável em função da capacidade tampão do solo e que tem relação com a textura do solo, como explicitado na tabela que segue.

Tabela 10 – Estimativa do valor Y em função da textura para o cálculo da necessidade de calagem.

Solo	Argila (%)	Y
Arenoso	0 a 15	0,0 a 1,0
Textura média	15 a 35	1,0 a 2,0
Argiloso	35 a 60	2,0 a 3,0
Muito argiloso	60 a 100	3,0 a 4,0

Fonte: Adaptado de Ribeiro et al. (1999).

Apresentando um R^2 igual a 0,9996, o uso da tabela pode ser substituído pela expressão:

$$Y = 0,0302 + 0,06532 \text{ Arg} - 0,000257 \text{ Arg}^2$$

3.1.1.2 Estimativa do valor de Y para o cálculo da necessidade de calagem pelo método Neutralização do Al e Ca+Mg com base no P-rem

O valor de Y condicionado em função do P-rem:

Tabela 11 – Estimativa do valor Y em função do P-rem para o cálculo da necessidade de calagem.

P-rem (mg/L)	Y
0 a 4	4,0 a 3,5
4 a 10	3,5 a 2,9
10 a 19	2,9 a 2,0
19 a 30	2,0 a 1,2
30 a 44	1,2 a 0,5
44 a 60	0,5 a 0,0

Fonte: Adaptado de Ribeiro et al. (1999).

Apresentando um R² igual a 0,9998, o uso da tabela pode ser substituído pela expressão:

$$Y = 4,002 - 0,125901 \text{ P-rem} + 0,001205 \text{ P-rem}^2 - 0,00000362 \text{ P-rem}^3$$

3.1.2 Método de saturação por bases

O método de saturação por bases é um cálculo menos complexo que considera somente a saturação de bases ocorrente (V₁) e a desejada (V₂), levando em conta a CTC potencial; no entanto, o método é mais recomendado para São Paulo e Paraná. Os valores são expressos considerando a unidade cmol_c/dm³:

$$\text{NC (t/ha)} = [(V_2 - V_1) T] / 100$$

3.2 Cálculos de Recomendação de Gessagem

Para os cálculos de NG podem ser considerados alguns critérios com bases distintas, que serão comentadas a seguir.

Caso a necessidade seja corrigir uma camada de espessura distinta de 20 cm e uma aplicação diferente de 100 % da área, em sulcos, por exemplo, deve-se, transformar o resultado de maneira diretamente proporcional.

3.2.1 Recomendação com base na textura do solo

Para corrigir uma camada de 20 cm de subsuperfície do solo, Ribeiro et al. (1999) recomendam que se considere a seguinte tabela:

Tabela 12 – Estimativa do valor Y em função da textura para o cálculo da necessidade de gessagem.

Argila (%)	Necessidade de Gessagem (t/ha)
0 a 15	0,0 a 0,4
15 a 35	0,4 a 0,8
35 a 60	0,8 a 1,2
60 a 100	1,2 a 1,6

Fonte: Adaptado de Ribeiro et al. (1999).

Apresentando um R² igual a 0,99995, o uso da tabela pode ser substituído pela expressão:

$$NG = 0,00034 - 0,002445 X^{0,5} + 0,0338886 X - 0,00176366 X^{1,5}$$

3.2.2 Recomendação com base no P-rem

A necessidade de gessagem com base no fósforo remanescente para uma camada subsuperficial de 20 cm de espessura pode ser estipulada por meio da tabela que segue (RIBEIRO et al., 1999).

Tabela 13 – Estimativa do valor Y em função do P-rem para o cálculo da necessidade de gessagem.

P-rem (mg/L)	NG	
	Ca (kg/ha)	Gesso (t/ha)
0 a 4	315 a 250	1,680 a 1,333
4 a 10	250 a 190	1,333 a 1,013
10 a 19	190 a 135	1,013 a 0,720
19 a 30	135 a 85	0,720 a 0,453
30 a 44	85 a 40	0,453 a 0,213
44 a 60	40 a 0	0,213 a 0,000

Fonte: Adaptado de Ribeiro et al. (1999).

Apresentando um R² igual a 0,9996, os valores de Ca podem também ser estimados de forma contínua como função do P-rem, pela equação:

$$Ca = 315,8 - 25,5066 P\text{-rem}^{0,5} - 5,70675 P\text{-rem} + 0,485335 P\text{-rem}^{1,5}$$

A NG (em t/ha) poderá ser calculada de acordo com a recomendação de Ca, prevista com a equação anterior. O teor de Ca do gesso (T_{Ca}, em dag/kg) a ser usado pode ser calculado utilizando a fórmula:

$$NG = Ca / (10 T_{Ca})$$

3.2.3 Recomendação com base na determinação da NC

Além das duas recomendações já citadas, ainda há uma que leva em consideração a necessidade de calagem, bastando simplesmente multiplicar a NC por 0,25; portanto, tem-se:

$$NG = NC \times 0,25$$

3.3 Cálculos de Recomendação de Adubação

No que se refere à adubação, a classificação da disponibilidade dos nutrientes no solo foi o critério para a recomendação de N, P e K, sendo a análise realizada por meio da função condicional SE, correlacionando a classe de disponibilidade dos nutrientes com a recomendação baseada na respectiva disponibilidade. Ao final do preenchimento dos dados e seleção das opções referentes à área e à cultura em questão, os resultados poderão ser visualizados de maneira prática e será permitido serem impressos por meio das teclas de atalho ou no ícone referente a impressão. Os cálculos foram conferidos e apresentaram exatidão com os encontrados na literatura e com os realizados de maneira manual.

Como exemplo, a 5ª Aproximação oferece a seguinte recomendação para a cultura de citros:

Figura 1 – Recomendação para a cultura dos citros para cálculos manuais.

1º ano Pós-plantio

Época	Dose de N	Disponibilidade de P ²⁺			Disponibilidade de K ²⁺		
		Baixa	Média	Boa	Baixa	Média	Boa
		----- Dose de P ₂ O ₅ -----			----- Dose de K ₂ O -----		
----- g/cova -----							
Setembro	20	0	0	0	0	0	0
Novembro	20	30	20	10	0	0	0
Janeiro	30	0	0	0	15	10	5
Abril	0	0	0	0	15	10	5
Total	70	30	20	10	30	20	10

Fonte: Adaptado de Ribeiro et al. (1999)

Para a automação no Excel, como exemplo, foram utilizadas as seguintes lógicas para a recomendação de ‘Novembro’:

Para N:

Para P_2O_5 :

$$=SE(C\$15="Baixa";30;SE(C\$15="Média";20;SE(C\$15="Boa";10;"ERRO")))$$

onde C\$15 se refere à célula definida para a classe de disponibilidade de P, com base em parâmetros preestabelecidos em conformidade com a 5ª aproximação.

Para K_2O :

$$=SE(D\$15="Baixa";0;SE(D\$15="Média";0;SE(D\$15="Boa";0;"ERRO")))$$

onde D\$15 se refere à célula definida para a classe de disponibilidade de K, com base em parâmetros preestabelecidos em conformidade com a 5ª aproximação.

Como resultado, se obtém uma tabela mais simples e de entendimento facilitado:

Figura 2 – Tabela de recomendação adubação para citros resultante de operações programadas sistematicamente por meio da planilha deste trabalho.

Adubação de cobertura			
1º ano Pós-plantio			
Disponibilidade	N	P	K
	-	BOA	MÉDIA
Época	DOSE (g/cova)		
	N	P	K
Setembro	20	0	0
Novembro	20	10	0
Janeiro	30	0	10
Abril	0	0	10
TOTAL	70	10	20

Fonte: Do autor (2021).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização do software permitiu a elaboração de uma planilha automatizada, de boa usabilidade e que apresenta resultados precisos em relação às recomendações propostas na literatura.

Nesta planilha há somente quatro áreas para a inserção de dados: uma área para o preenchimento das referências da amostra, um *dropdown list* no qual se seleciona a cultura de interesse, um quadro para a inserção dos valores dos resultados obtidos por meio das análises de solo e um quadro para a manipulação dos fatores relacionados à correção do solo.

Primeiramente, se insere os dados referentes à área amostrada.

Figura 3 - Campo para a inserção dos dados referentes à amostra.

NOME	Adriel Antônio de Castro
PROPRIEDADE	Fazenda Alterosa
DATA	25/03/15
ÁREA AMOSTRADA	Baixada
TAMANHO ÁREA (ha)	2
COMPLEMENTO	Prox ao brejo

Fonte: Do autor (2021).

Logo abaixo, deverá ser selecionada a cultura que será trabalhada, clicando na seta e realizando a busca pela cultura em questão e a selecionando. Caso a seta não apareça, deverá clicar na célula e a seta estará disponível.

Figura 4 – *Dropdown* para a seleção da cultura de interesse.

8	Banana
---	--------

Fonte: Do autor (2021).

Em seguida, os dados referentes aos resultados de laboratório deverão ser inseridos na coluna denominada 'VALOR' nos campos referentes a cada um dos critérios se atentando se as unidades são correspondentes.

Figura 5 - Campo para a inserção dos resultados da análise laboratorial.

INSIRA OS DADOS DA ANALISE DE SOLO				
	ANÁLISE	VALOR	UNIDADE	-
12	K	10,0	mg/dm ³	
13	S	0,0	mg/dm ³	
14	Ca	0,5	cmol./dm ³	
15	Mg	2,0	cmol./dm ³	
16	Na	0,0	cmol./dm ³	
17	Al	3,00	cmol./dm ³	
18	H+Al	4,9	cmol./dm ³	
19	pH	6,0	água	
20	pH	4,0	CaCl ₂	
21	MO	25,0	g/dm ³	
22	P	90,0	mg/dm ³	
23	P-rem	10,0	mg/L	2,86
24	C.O.		dag/kg	
25	ARGILA	30	%	1,76
26				
27				

Fonte: Do autor (2021).

Para o cálculo de NC, se faz crucial de que seja feita a correção dos valores de PRNT, percentual da área e a profundidade da camada em que será realizada a calagem.

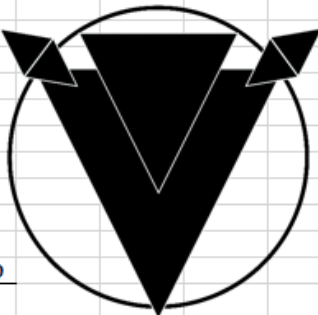
Figura 6 - Campo para a inserção das variantes da correção, caso haja.

CORREÇÃO DA APLICAÇÃO		
PRNT	85	1,18
Area %	100	1,00
Prof	20	1,00
F		1,18

Fonte: Do autor (2021).

Após isso, por fim, bastará clicar na planilha nomeada de 'CORREÇÃO' e visualizar tanto a recomendação de calagem como a de gessagem.

Figura 8 – Recomendação de adubação para a cultura da banana calculada pela planilha.

	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO PARA A CULTURA DA BANANA								
2									
3	Cálculos de recomendação realizados por meio do software Tatu.								
4									
5	NOME	Adriel Antônio de Castro						Imprimir	
6	PROPRIEDADE	Fazenda Alterosa							
7	DATA	#####							
8	ÁREA AMOSTRADA	Baixada							
9	TAMANHO ÁREA (ha)	2							
10	COMPLEMENTO	Prox ao brejo							
11									
12	Nutriente	P	K						
13	Disponibilidade	BOA	BAIXA						
14									
15	A recomendação que segue é baseada em gramas por planta.								
16									
17	ADUBAÇÃO COVA								
18	Adubo	P205	K20						
19	Quantidade	40	90						
20									
21	ADUBAÇÃO DE CRESCIMENTO E FRUTIFICAÇÃO								
22	Planta Mãe	N	K20						
23	Pegamento da muda	20	0						
24	Dois meses após	80	180						
25	Aparecimento da inflorescência	140	240						
26	TOTAL	240	420						
27									
28	Planta Filha	N	P205	K20					
29	Época em que se realiza a colheita da planta mãe	60	20	0					
30	Passados dois meses	40	0	120					
									
<p>Pronto</p> <p>Dados Correção Banana Citros Maçã Videira</p>									

Fonte: Do autor (2021).

Caso seja considerado pertinente pelo usuário, será possível realizar a impressão da saída, bastando apenas clicar no botão ‘Imprimir’, obtendo uma saída similar à expressa no Apêndice B.

É importante ressaltar que os resultados expressos pelo programa não devem ser o único critério considerado para estipular a aplicação de calcário, gesso e adubos, também pertinente considerar a cultura em questão e histórico da área, sempre consultando um técnico da área.

5 CONCLUSÕES

1. A ferramenta desenvolvida pode ser muito útil aos pequenos e médios produtores que, por alguma razão, tenham alguma inacessibilidade em obter assistência técnica. Técnicos que atuam em campo podem utilizar esta ferramenta como facilitadora de seus cálculos no momento de realizar alguma recomendação agronômica. Graças a sua facilidade e versatilidade, a ferramenta também pode ser útil para a correção de solo em pequenas áreas de produção agrícola independentemente de localizada na zona rural ou urbana, a exemplo de hortas e pequenos pomares.
2. De acordo com as buscas realizadas, outras ferramentas que se propõem a fornecer interpretação de análise do solo e recomendação de correção e adubação, quando gratuitas, são incompletas e, quando mais completas, são pagas. Esta ferramenta com sua concorrência no mercado pode forçar com que os desenvolvedores de outros programas tendam a oferecer produtos mais completos e/ou reduzir seus preços e oferecer produtos melhores.
3. É importante a sequência deste trabalho de modo a adicionar metodologias, culturas e cultivares, além de lógicas a fim de resultar numa planilha mais prática, fácil e aplicável à realidade dos produtores rurais, colaborando para o incremento de suas produções e uma melhor qualidade de vida no campo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, E. R. DE A.; SOUZA, G. DA S.; BRANDÃO, A. S. P. Por que os preços da cesta básica caíram? **Área de Informação da Sede-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2010.
- ANGHINONI, I. Adubação nitrogenada nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Adubação nitrogenada no Brasil.**, p. 1–18, 1986.
- ARRUDA, M. R. DE; MOREIRA, A.; PEREIRA, J. C. R. **Amostragem e Cuidados na Coleta de Solo para Fins de Fertilidade Embrapa**. Manaus - AM: [s.n.].
- BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; DA SILVA, O. F. **Calagem e adubação**. [s.l.] 500 Perguntas 500 Respostas - Arroz, 2003.
- BRAGA, G. N. M. **CTC's Efetiva e Potencial do Solo**. Disponível em: <<https://agronomiacomgismonti.blogspot.com/2011/06/ctcs-efetiva-e-potencial-do-solo.html#:~:text=A CTC efetiva é a,que seriam ocupadas por cátions.>>. Acesso em: 8 out. 2020.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, n. 2, p. 365–372, 2000.
- BUCK, G. A Importância da amostragem e análise do solo. **INFORMATIVO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO**, v. 11, 2015.
- CAMARGO, O. A. DE et al. **Alteração De Atributos Químicos Do Horizonte Superficial De Um Latossolo E Um Podzólico Com a Calagem Scientia Agricolascielo**, , 1997.
- CARVALHO, M. C. S.; VAN RAIJ, B. Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. **Plant and Soil**, v. 192, n. 1, p. 37–48, 1997.
- CEPEA. **PIB do Agronegócio Brasileiro**.
- CONAMA, C. N. D. M. A. RESOLUÇÃO Nº 375 , DE 29 DE AGOSTO DE 2006. **Diário Oficial da União**, p. 1–32, 2006.
- COSTA, M. J. DA et al. Atributos químicos e físicos de um Latossolo sendo influenciados pelo manejo do solo e efeito da gessagem. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, n. 5, 18 dez. 2007.
- CURI, N.; FRANZMEIER, D. P. Toposequence of Oxisols from the Central Plateau of Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 48, n. 2, p. 341–346, 1984.
- DONAGEMA, G. K. et al. Manual de métodos de análise de solo. **Embrapa Solos- Documentos (INFOTECA-E)**, n. October 2014, 2011.
- EMBRAPA. Agricultura movida a Ciência. **AgroANALYSIS**, v. 39, n. 4, p. 28, 2019.
- FAO. **How to Feed the World in 2050 Insights from an expert meeting at FAO**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www.fao.org/wsfs/forum2050/wsfs-forum/en/>>.
- FAQUIN, V. Nutrição Mineral de Plantas. **Ufla/Faepe**, v. III, n. 1, p. 186, 2005.
- FONSECA E CRUZ, C. A. et al. Efeito de diferentes níveis de saturação por bases no desenvolvimento e qualidade de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley). **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, n. 66, p. 100–107, 2004.
- GIMENEZ, L. M.; ZANCANARO, L. Monitoramento da fertilidade de solo com a técnica da

- amostragem em grade. **Informações Agronômicas**, n. 138, p. 19–25, 2012.
- HOEFT, R. G.; WALSH, L. M.; KEENEY, D. R. Evaluation of Various Extractants for Available Soil Sulfur. **Soil Science Society of America Journal**, v. 37, n. 3, p. 401–404, 1973.
- KREUZ, C.; LANZER, E. Funções de Produção Von Liebig com Rendimentos Decrescentes. p. 95–106, 1995.
- LOPES, A. S.; COX, F. R. Relação de características físicas, químicas e mineralógicas com fixação de fósforo em solos sob cerrados. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 3, p. 82–88, 1979.
- LUZ, M. J. DA S.; FERREIRA, G. B.; BEZERRA, J. R. C. Adubação e Correção do Solo: Procedimentos a Serem Adotados em Função dos Resultados da Análise do Solo. **Embrapa**, p. 1–32, 2002.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo. **Agronômica Ceres**, p. 672p., 1980.
- MAPA. **Projeções do Agronegócio : Brasil 2017/18 a 2027/28**. [s.l: s.n.].
- MICROSOFT CORPORATION. **MS Office Excel 2016**, 2016.
- NETO, A. E. F. et al. **Fertilidade do Solo Curso de pós-graduação “lato sensu” (especialização) a distância - Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas no Agronegócio**. Lavras: Gráfica Universitária UFLA, 2001.
- NICOLODI, M.; ANGHINONI, I.; GIANELLO, C. Relações entre os tipos e indicadores de acidez do solo em lavouras no sistema plantio direto na região do Planalto do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1217–1226, 2008.
- OLIVEIRA, F. H. T. DE et al. Amostragem para avaliação da fertilidade do solo em função do instrumento de coleta das amostras e de tipos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 973–983, out. 2007.
- QUEZADA, H. P. et al. Effect of magnesium on the yield and gluten content of wheat (*Triticum aestivum* L.) in an andisol soil. **Idesia**, v. 29, n. 2, p. 53–57, 2011.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, PAULO T. G.; ALVAREZ V, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. [s.l.] Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.
- RIBEIRO, J. M.; TEIXEIRA, S. L. Substituição de nitrato de potássio (PA) por salitre potássico no preparo de meio de cultura de tecidos vegetais esterilizado com hipoclorito de sódio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1209–1213, 2008.
- RICHART, A. et al. Guia De Deficiências Nutricionais Em Plantas. p. 112, 2017.
- SCHERRER MENEZES, J. F. et al. Extração E Exportação De Nitrogênio, Fósforo E Potássio Pelo Milho Adubado Com Dejetos De Suínos. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 5, n. 3, p. 55–59, 2018.
- SCOTT, J. J.; LOEWUS, F. A. A Calcium-Activated Phytase from Pollen of *Lilium longiflorum*. **Plant Physiology**, v. 82, n. 1, p. 333–335, 1986.
- SHAINBERG, I. et al. Use of Gypsum on Soils: A Review. p. 1–111, 1989.
- SILVA, D. R. G.; LOPES, A. S. Princípios Básicos Para Formulação E Mistura De Fertilizantes. **Editora UFLA**, v. 89, p. 46, 2012.

SOUZA, R. F. DE et al. Calagem e adubação orgânica: influência na adsorção de fósforo em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 6, p. 975–983, 2006.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Propriedades químicas de um latossolo vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 1, p. 133–139, 2003.

STIPP, S. R.; CASARIN, V. a Importância Do Enxofre Na Agricultura Brasileira. **14 Informações Agronômicas**, v. 129, p. 14–20, 2010.

THEODORO, G. DE F.; MARINGONI, A. C. Efeito de doses de potássio na severidade da murcha-de-curtobacterium em cultivares de feijoeiro comum. **Summa Phytopathologica**, v. 32, n. 2, p. 139–146, 2006.

UNESP. **Introdução à nutrição mineral de plantas**. Jaboticabal: [s.n.].

VAN RAIJ, B. et al. Alumínio trocável e saturação em bases como critérios para recomendação de calagem. **Bragantia**, v. 42, n. 1, p. 149–156, 1983.

WALKLEY A; BLACK I. A. An Examination of the Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. **Soil Science**, p. 29–38, 1933.

APÊNDICE A – SAÍDA PARA CORREÇÃO DO SOLO

RECOMENDAÇÃO DE CORREÇÃO DO SOLO

Cálculos de recomendação realizados por meio do software Tatu.

NOME Adriel Antônio de Castro
 PROPRIEDADE Fazenda Alterosa
 DATA 25/03/15
 ÁREA AMOSTRADA Baixada
 TAMANHO ÁREA (ha) 2,00
 COMPLEMENTO Prox ao brejo
 CULTURA Citros

CALAGEM

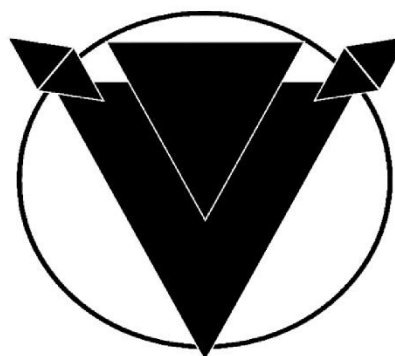
Quantidade de Calcário 9,752 t/ha
 Calcário total para a área 19,505 t/área

GESSAGEM

Quantidade de Gesso 0,967 t/ha
 Gesso total para a área 1,934 t/área

OBSERVAÇÕES

Não há observações



PARÂMETROS

CRITÉRIO	VALOR	UNIDADE	CLASSIFICAÇÃO
Soma de Bases	2,53	cmol _c /dm ³	Médio
CTC efetiva	5,53	cmol _c /dm ³	Bom
CTC potencial	7,43	cmol _c /dm ³	Médio
Saturação de Bases	34,01	%	Médio
Saturação de Alumínio	54,29	%	Muito Bom

Cálculos de recomendação realizada por meio do software Tatu.
 Um técnico da área deve ser consultado antes de qualquer operação.

APÊNDICE B – SAÍDA PARA ADUBAÇÃO

RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO PARA A CULTURA DA BANANA

Cálculos de recomendação realizados por meio do software Tatu.

NOME	Adriel Antônio de Castro
PROPRIEDADE	Fazenda Alterosa
DATA	25/03/15
ÁREA AMOSTRADA	Baixada
TAMANHO ÁREA (ha)	2
COMPLEMENTO	Prox ao brejo

Nutriente	P	K
Disponibilidade	BOA	BAIXA

A recomendação que segue é baseada em gramas por planta.

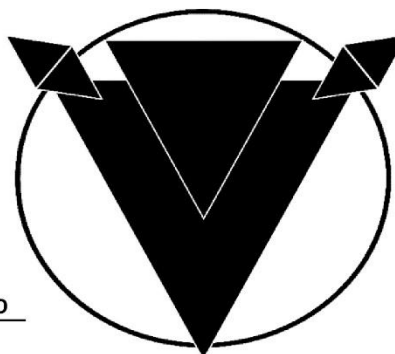
ADUBAÇÃO COVA

Adubo	P2O5	K2O
Quantidade	40	90

ADUBAÇÃO DE CRESCIMENTO E FRUTIFICAÇÃO

Planta Mãe	N	K2O
Pegamento da muda	20	0
Dois meses após	80	180
Aparecimento da inflorescência	140	240
TOTAL	240	420

Planta Filha	N	P2O5	K2O
Época em que se realiza a colheita da planta mãe	60	20	0
Passados dois meses	40	0	120
TOTAL	100	20	120



Sugere-se usar metade da dose de P2O5 na forma solúvel em água e metade na forma de fosfato natural, com base no teor de P2O5 disponível.

Recomenda-se, ainda, aplicar, misturados à terra de enchimento da cova e aos fertilizantes, 20 L de esterco de curral, ou 5 L de esterco de galinha, ou 2 L de torta de mamona, 60 dias antes do plantio, e 100 g de calcário dolomítico para cada tonelada aplicada na área total.

Aplicar, sempre que possível, 10 L de esterco de curral por touceira, por ano.