

MARCIO SENA PINTO

**AVALIAÇÃO DE BENFEITORIAS REPRODUTIVAS DE CICLO
CURTO (GRÃOS) E DETERMINAÇÃO DO VALOR DA TERRA NUA**

Trabalho de Avaliação

Goiânia/GO
2021

Título: **AValiação DE BENFEITORIAS REPRODUTIVAS DE CICLO CURTO (GRÃOS) E DETERMINAÇÃO DO VALOR DA TERRA NUA**

INTRODUÇÃO

O Brasil é o 4º maior produtor mundial de grãos com estimativa de produção de mais de 239 milhões de toneladas (7,8% do total mundial) no ano de 2020¹ e com 3.124 milhões de toneladas (6,2% do total mundial) entre 2000 e 2020.

Em 2020 o País passou a ser o maior exportador mundial de grãos atingindo a cifra de 37 bilhões USD\$ (valor a dólar americano corrigido para 2020 pelo CPI), o que é crucial para o superávit das contas externas e interiorização de riquezas em nosso território.

Certamente que este cenário tem reflexos positivos na valorização das terras e ativos da agropecuária, mas, ao mesmo tempo, majora os tributos e contribuições sociais do setor, como a contribuição previdenciária e sobre o lucro.

Os grãos de cereais, tais como: milho, soja, arroz, feijão, trigo, dentre outros, são considerados culturas de ciclo curto, e para efeito de avaliação enquadram-se como sendo benfeitorias reprodutivas ou que geram renda, ocupando terras de elevado valor e grande extensão territorial.

A norma de avaliação de imóveis rurais prevê, item 8.4.1, NBR 14.653-3:2019², que o valor das terras, em sua totalidade, é fruto dos seguintes componentes:

$VTI = VTN + VBR + VBNR + AA - PA$, onde,

VTI = Valor Total do Imóvel

VTN = Valor da Terra Nua

VBR = Valor das benfeitorias reprodutivas (culturas, inclusive pastagens)

VBNR = Valor das benfeitorias não reprodutivas (edificações e instalações)

AA = Ativo ambiental

PA = Passivo ambiental

Em muitas situações, o valor da terra nua, ou seja, o valor da terra sem os melhoramentos efetuados, deve ser calculado e isolado do valor total das terras, especialmente em casos previstos em lei para fins tributários, em que as alíquotas incidem sobre o VTN, p.ex., na apuração do imposto sobre o ganho de capital, na compra e venda de imóveis rurais, no cálculo do imposto territorial rural – ITR, ou em desapropriações, que preveem o pagamento da terra de forma distinta das benfeitorias, como nas desapropriações para fins de reforma agrária.

A maneira mais usual para se obter o valor da terra nua é subtraindo o valor das benfeitorias existentes no imóvel do seu valor total, conforme a expressão simplificada:

$VTN = VTI - VB$, onde,

VTN = Valor da Terra Nua

VTI = Valor Total do Imóvel

VB = Valor das Benfeitorias

¹ Contini, Elísio e Aragão, Adalberto. O agro no Brasil e no mundo: uma síntese do período de 2000 a 2020. EMBRAPA – SIRE. Disponível em: <http://www.embrapa.br/secretaria-inteligencia-e-relacoes-estrategicas-sire> Acesso em 08/06/2021

² ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 14.653-3:2019. Avaliação de bens. Parte 3: Imóveis rurais e seus componentes. 2ª edição, 27/06/2019. Versão corrigida, 20/08/2019. 48 p.

No caso de avaliação de culturas e florestas plantadas a Norma preconiza, item 8.4.3, “c”, que seja realizada pelo método de capitalização da renda: “c) a avaliação de culturas e florestas plantadas seja realizada pelo método da capitalização da renda”.

O item 8.2.2.1 da NBR 14.653-3:2019, diz: “8.2.2.1 Os rendimentos líquidos esperados devem ser considerados a partir da data de referência da avaliação até o final da vida útil”.

Surge aí o foco deste trabalho, pois no caso de culturas anuais ou de ciclo curto, a renda de apenas um período, normalmente de um ano agrícola que compreende 12 meses, não traduz o valor completo das culturas implantadas e, frequentemente, já colhidas.

O enfoque da avaliação nestes casos deve recair sobre a(s) cultura(s) e o sistema de produção empregado, para que possam ser contemplados todos os melhoramentos existentes, fruto de anos de investimento na terra, mais especificamente, no perfil do solo, considerando suas camadas superficiais e mais profundas, o que a renda de um único período não permite aferir.

OBJETIVO e CRITÉRIOS

O presente trabalho visa identificar todos os componentes de um sistema de produção de grãos ou de culturas de ciclo curto sujeitos a avaliação, além, obviamente, da própria renda líquida que os frutos diretamente colhidos possam trazer ao proprietário.

Sob este aspecto, a aplicação do método evolutivo previsto na NBR 14.653:3-2019, item 8.4.3, para avaliação de benfeitorias deve observar, a critério do avaliador, o previsto na alínea: “b) os valores das benfeitorias e das obras e trabalhos de melhoria das terras sejam apropriados pelo método comparativo direto de custo, pelo método da quantificação de custo ou pelo método da capitalização da renda.” e não apenas a capitalização da renda prevista na alínea “c”, já citada.

Desta forma, na apuração do valor econômico (VE) de culturas de ciclo curto, com o objetivo final de se obter o valor da terra nua, a expressão matemática que melhor traduz a realidade dos sistemas de produção empregados seria:

$VE = (RL \times Fa \times r) + I$, onde,

RL = Renda Líquida Anual

Fa = Fator de atualização ou de desconto das rendas futuras, que no caso de 1 ano seria “1,00”

r = risco de obtenção da renda, normalmente considerado junto com a taxa de capitalização

I = Investimentos no perfil e saúde do solo (fertilidade química e biológica)

FERTILIDADE QUÍMICA DOS SOLOS

A agricultura de grãos no Brasil obteve grande desenvolvimento e abrangência a partir da ocupação dos solos sob vegetação de cerrado, predominantemente de baixa fertilidade natural, baixa capacidade de retenção de cargas (leia-se nutrientes e água), acidez elevada (pH água < 5,0) e altos níveis de alumínio.

Lopes (1975), apud LOPES (1984)³, coletou 518 amostras de solo, na profundidade de 0 – 20 cm, entre os Estados de Minas Gerais e Goiás, englobando solos predominantemente sob vegetação de cerrado típico (47%) e campo cerrado

³ Lopes, Alfredo Scheid. Solos sob cerrado: características, propriedades e manejo. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984, 2ª edição

(29%) o que possibilitou um conhecimento global das principais limitações de fertilidade para fins agrícolas destes ambientes:

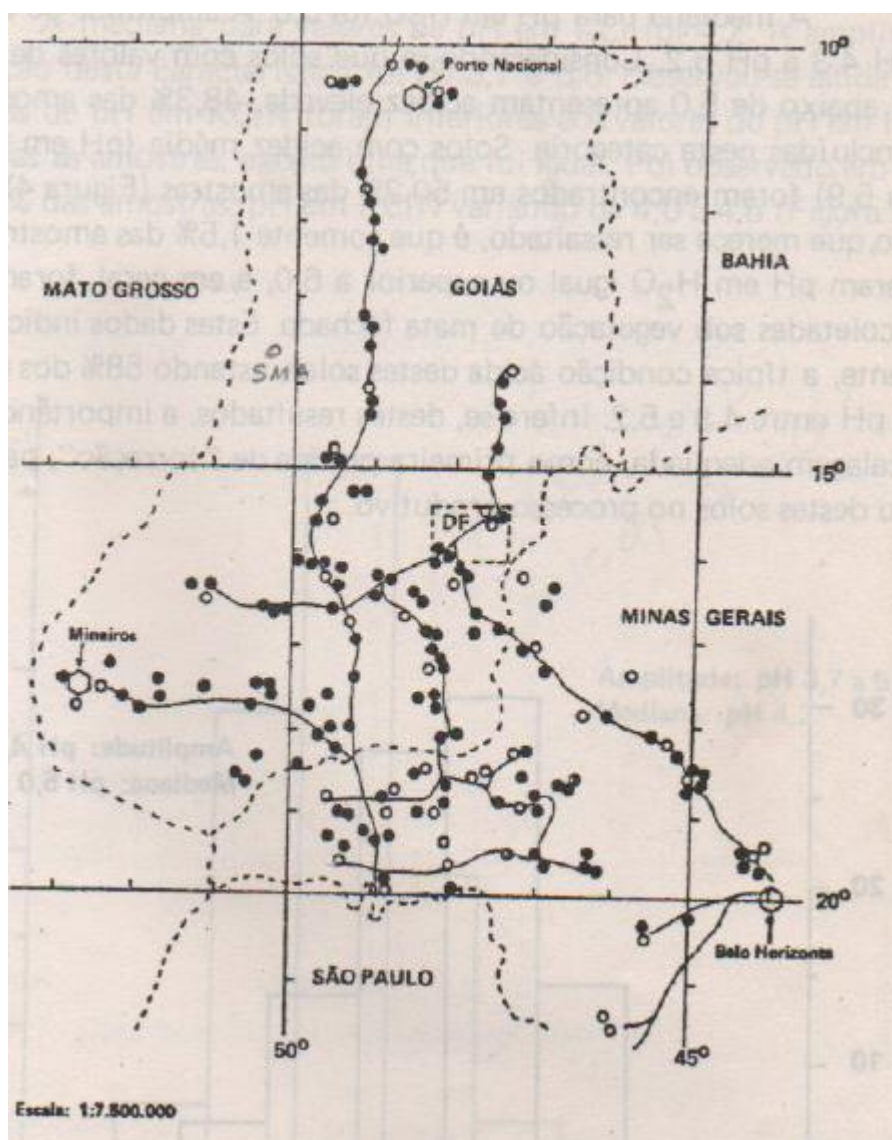


Figura 1 Distribuição geográfica amostras solo sob vegetação de cerrado, LOPES (1984)

Tabela 1. Fertilidade natural dos solos sob vegetação de cerrado

pH em água	58% das amostras ácidos, pH = 4,8 a 5,2
CTC efetiva (t), Ca ²⁺ + Mg ²⁺ + K ⁺ + Na ⁺ + Al ³⁺	Mediana de 1,1 cmolc.dm ⁻³
Cálcio (Ca ²⁺)	96% < 1,5 cmolc.dm ⁻³ e 76% < 0,4 cmolc.dm ⁻³ (muito baixo)
Magnésio (Mg ²⁺)	90% < 0,5 cmolc.dm ⁻³ e 55% < 0,1 cmolc.dm ⁻³
Alumínio (Al ³⁺)	91% > 0,25 cmolc.dm ⁻³
Saturação de Al ³⁺	91% acima de 20%
Fósforo (P solúvel)	92,1 % < 2 mg/Kg ou ppm

Matéria Orgânica (M.O.), %	Mediana de 2,2%, mas com 97% dos solos apresentando CTC efetiva (t) < 4 cmolc.dm ⁻³
----------------------------	--

Nota; CTC = Capacidade de Troca de Cátions (íons positivos)

JORGE ADÁMOLI, JAMIL MACEDO, LUIZ GUIMARÃES DE AZEVEDO e JOSÉ MADEIRA NETTO, apud GOEDERT (1985)⁴, expõem as características de fertilidade natural dos solos predominantes nas áreas de cerrado:

Solos	Horizonte	pH água	C (%)	Ca + Mg, mE/100g	V (%)	Superfície %
Latosolos Vermelho Amarelo distrófico	A	4,8	1,3	0,6	12,0	22,1
	B	5,2	0,3	0,4	20,7	
Latosolo Vermelho Escuro textura média	A	5,0	0,9	1,8	34,5	17,8
	B	5,0	0,2	0,3	19,0	
Podzólico* Verm Amarelo distrófico	A	5,0	0,9	0,7	13,8	10,1
	B	5,4	0,2	0,3	12,1	
Nessosos (Areia Quartzosas) dist	A	5,2	0,5	0,4	13,5	14,48
	C	5,4	0,2	0,2	15,4	

Notas: * Argissolos

Para efeito comparativo e de formação de parâmetros, segue abaixo os níveis considerados bons para cultivo de soja em solos de cerrado⁵ para CTC baixa de 8cmolc.dm⁻³:

Tabela 2. Metas de fertilidade para cultivo de soja em áreas de cerrado

pH em água	5,5 – 6,5
Saturação Bases (V%)	>50%
Cálcio (Ca ²⁺)	Maior que 2 cmolc.dm ⁻³
Magnésio (Mg ²⁺)	Maior que 0,8 cmolc.dm ⁻³
Alumínio (Al ³⁺)	Menor que 0,02 cmolc.dm ⁻³
Saturação de Al ³⁺	Menor que 20%
Fósforo (P solúvel)	> 14 mg/ Kg (ppm), extrator Mehlich I, argila 20 a 40%
Matéria Orgânica (M.O.), %	'> que 2,5%

Estes parâmetros, já amplamente respaldados pela pesquisa, demonstram a importância de se manter níveis elevados de fertilidade e de matéria orgânica para se obter retornos econômicos na exploração das terras de cerrado.

⁴ GOEDERT, WENCESLAU J. Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo/ Wenceslau J. Goedert (editor). São Paulo: Nobel, Brasília : EMBRAPA, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1985. p 33-98

⁵ Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2014 – Londrina: EMBRAPA SOJA (Sistemas de Produção/ EMBRAPA SOJA), 2013. 268 p.

Além dos níveis de suficiência (quantidade) no solo, é importante que os nutrientes ocupem determinadas proporções no complexo de troca do solo (CTC), o que somente se obtém entre 5 e 15 anos de aportes ao sistema de produção:

Tabela 3. Proporção ideal dos principais nutrientes na capacidade de troca do solo

Calcio (Ca^{2+}) / CTC	48 a 60%
Magnésio (Mg^{2+}) / CTC	12 a 15%
Potássio (K^{1+})	3 a 5%
Hidrogênio (H^+) + Alumínio (Al^{3+})	20%
Saturação de bases na CTC	50% mínimo, 60% para solos com CTC > 70 mmolc/dm ³ e 70% para 50 < CTC < 70 mmolc

Portanto, a questão que temos seria: partindo de um solo com sua fertilidade natural (baixa), quanto e por quanto tempo teríamos que adicionar nutrientes essenciais ao solo para obtermos e mantermos produções e renda sustentáveis e lucrativas?

Para tanto, focaremos nos principais macronutrientes: fósforo (P solúvel), cálcio (Ca^{2+}) e na matéria orgânica, já que ao adicionar o cálcio como nutriente e para correção do pH, geralmente na forma de calcários, aporta-se o magnésio (Mg^{2+}) e eleva-se o pH e os níveis de saturação das bases (nutrientes) do solo.

A análise de solo é prática rotineira e seus resultados acessíveis a técnicos e produtores em geral, sendo necessário, no entanto, que os interessados estejam familiarizados com as unidades com que os elementos (nutrientes) vêm expostos nos resultados.

O CÁLCIO E O VALOR DO CALCÁRIO

O cálcio é considerado nutriente essencial para o crescimento das plantas, atuando nos meristemas apicais, com destaque para o crescimento das raízes, e nas práticas agrícolas é tratado juntamente com a aplicação de calcário para a correção da acidez.

O uso de calcário aumenta os teores de cálcio e magnésio, aumenta o pH (reduz a acidez) e reduz o alumínio, e pode promover outros efeitos importantes para a fertilidade do solo, tais como: aumento das cargas negativas (CTC), elevação da saturação de bases no complexo de troca das partículas do solo, aproveitamento mais eficiente de adubos e favorece a atividade biológica.

Os cálculos da aplicação do calcário e, conseqüentemente, do cálcio, no Brasil Central, baseiam-se em dois métodos: (i) método da neutralização do Al^{3+} e da elevação dos teores de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, (ii) método da saturação por bases.

O primeiro procura corrigir a acidez do solo, levando em conta a tolerância da cultura à acidez trocável (máxima saturação de Al^{3+} (m) tolerada pela cultura) e a capacidade tampão do solo (textura, dada pelo teor de argila), ao mesmo tempo em que procura elevar a disponibilidade de cálcio e magnésio de acordo com as exigências das culturas nestes nutrientes. Estes parâmetros ou limites são fornecidos por tabelas fruto da experimentação agrônômica.

Assim, a expressão a empregar é:

NC = CA + CD, em que,

NC = Necessidade de Calagem

CA = correção da acidez até certo valor de m (saturação de alumínio na CTC efetiva), de acordo com a cultura e a capacidade tampão do solo (teor de argila)

CD = correção da deficiência de Ca e Mg, assegurando o teor mínimo destes nutrientes

CA = Y [Al³⁺ - (mt * t / 100)], onde,

Y = valor em função da textura do solo (arenoso = 1,0; textura média = 2; argilosa = 3; e muito argiloso = 4,0)

Al³⁺ = acidez trocável, em cmolc / dm³ (teor de alumínio dado na análise solo)

mt = máxima saturação por Al³⁺ tolerada pela cultura, em % (geralmente 0 a 20%)

t = CTC efetiva, em cmolc/ dm³ (calculada com base na análise de solo)

CD = X - (Ca²⁺ + Mg²⁺), em que:

Ca²⁺ + Mg²⁺ = teores de Ca e de Mg trocáveis, em cmolc/ dm³ (dado na análise solo)

O que resulta na expressão conjunta:

NC = Y * [Al³⁺ - (mt * t / 100)] + [X - (Ca²⁺ + Mg²⁺)]

O segundo método utilizado para calcular a necessidade de calagem é o da saturação por bases, onde considera-se a relação existente entre pH e a saturação por bases (V%). O objetivo é atingir um valor definido de saturação por bases através da aplicação de calcário, corrigindo-se a acidez do solo até definido pH, considerado adequado a certa cultura.

Nesta opção, a fórmula de cálculo da necessidade de calagem (NC, em t/ ha) é:

NC (t/ ha) = (Ve - Va) * T / 100, onde,

T = CTC a pH 7,0 = Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺ + Na⁺ + (H⁺ + Al³⁺), em cmoc/ dm³

Ve = Saturação por bases esperada ou almejada

Va = Saturação por bases atual do solo

Ou, de outro modo:

NC (t/ha) = (Ve / 100) * T - SB, onde,

SB = soma de bases atual do solo (Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺ + Na⁺), em cmolc/ dm³

A relação entre a CTC e o pH do meio pode ser observada na tabela a seguir, extraída de LOPES e GUIDOLIN (1989)⁶, com base nos trabalhos de Russel e Russel (1968):

Tabela 4. Relação entre pH do solo, tipo de argila e capacidade de troca de cátions (CTC)

Tipo de argila	pH 2,5 a 6,0	pH 7,0	Aumento	% aumento
	meq/ 100 g			
Caulinita (1:1)	4	10	6	150,0
Montmorilonita (2:1)	95	100	5	5,3

VAN RAIJ (1981)⁷ cita um trabalho realizado há muitos anos, por *Catani e Gallo* (1955), onde fica claro a alta correlação (r = 0,9477) entre pH e percentagem de saturação por bases, frisando ainda que trabalhos mais recentes confirmam que a correlação é a mesma para os diferentes tipos de solos ou mesmo diferentes regiões.

⁶ Lopes, A.S. e Guidolin, J.A. Interpretação de análise do solo: conceitos e aplicações. 2ª edição. Comitê de Pesquisa Técnico ANDA. São Paulo:1989, 64p.

⁷ Raij, Bernardo van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba: Instituto de Potassa & Fosfato: Instituto Internacional de Potassa, 1981

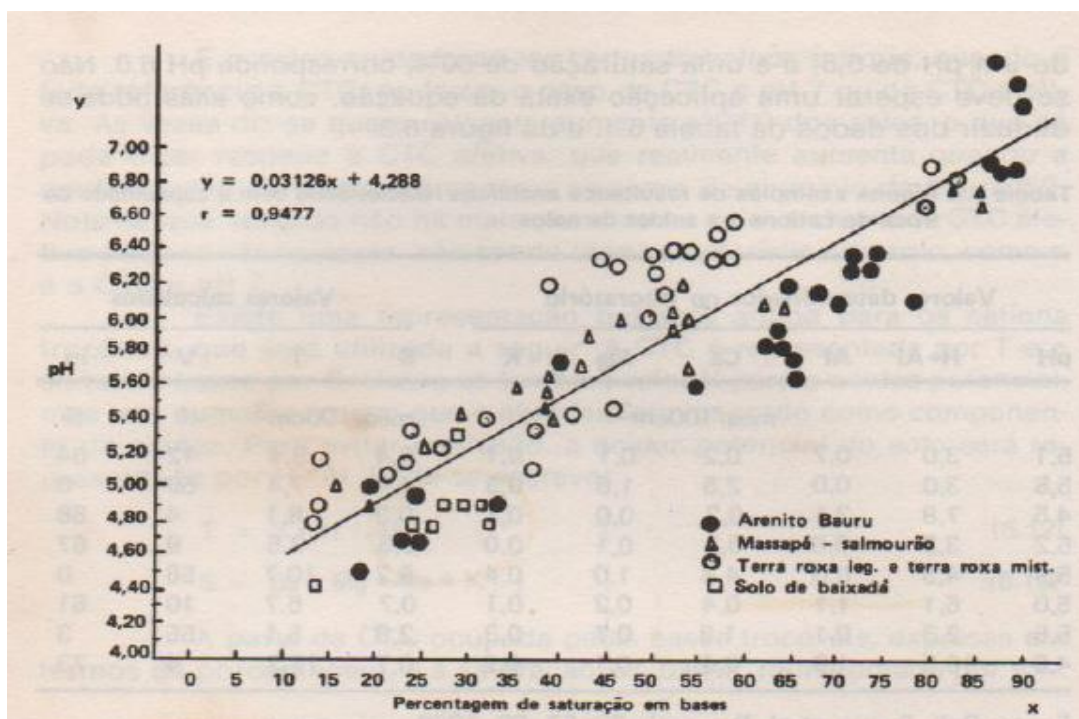


Figura 2 Relação entre pH do solo e saturação em bases de diferentes tipos solos

Para fins práticos, este autor sugere a adoção da equação:

$pH = 4,5 + 0,025 V$, porém, alertando que não se deve esperar uma aplicação exata da equação.

O pH do solo, além de afetar a disponibilidade dos nutrientes nele contidos ou adicionados pela adubação, afeta a assimilação dos nutrientes pelas plantas, conforme dados da EMBRAPA, compilados por LOPES & GUILHERME (1990)⁸:

Tabela 5. pH do solo e absorção % de nutrientes pelas plantas

Elementos	pH					
	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Nitrogênio	20	50	75	100	100	100
Fósforo	30	32	40	50	100	100
Potássio	30	35	70	90	100	100
Enxofre	40	80	100	100	100	100
Cálcio	20	40	50	67	83	100
Magnésio	20	40	50	70	80	100
Médias	26,7	46,2	64,2	79,5	93,8	100

Dados recentes de experimentos de campo com base científica da FUNDAÇÃO MT (Boletim de Pesquisa Soja 2001), citados pelo Prof Rafael Otto⁹, da ESAQ/USP, destaca que para se atingir os níveis de saturação de bases desejados, deve-se multiplicar a necessidade de calcário (NC) calculada por 1,8 a 2,0 para correção da fertilidade em áreas de abertura (baixa fertilidade natural).

⁸ LOPES, A.S. & GUILHERME, LUIZ ROBERTO GUIMARÃES. Uso eficiente de fertilizantes: aspectos agrônômicos. São Paulo: ANDA, 1990. (Boletim Técnico, 4)

⁹ OTTO, RAFAEL. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=O8mXPY9mclc>. Acesso em 10 ago.2021.

De posse destes dados e informações é possível calcular as quantidades e custos associados na aplicação de calcário e cálcio para se corrigir e manter níveis de fertilidade compatíveis com boas produtividades e renda líquida positiva, ao longo dos anos, nas áreas sob cultivo de grãos.

Exemplo 1: Cálculo da quantidade de calcário, cálcio e custos associados na exploração de culturas anuais em solos sob vegetação de cerrado a partir da fertilidade natural destes solos.

Dados:

Densidade do solo = 1,2 g/ cm³

Ca²⁺ = 0,4 cmolc/ dm³; Mg²⁺ = 0,1; K⁺ = 0,07 = SB = 0,57 cmolc/ dm³

Al³⁺ = 0,53 cmolc/ dm³; H + Al = 3,8 cmolc/ dm³

CTC (pH 7,0) = 4,37 cmolc/ dm³

Va = 13,04%

Volume de solo em 1 ha (0-20 profundidade) = 2,4 x 10⁹ cm³

1 meq⁵ = 1 mg de Hidrogênio ou, o seu equivalente, que é o peso atômico, dividido pela valência, dividido por 1.000, portanto, 1 mE de Cálcio/ 100 cm³, representa:

1 mE Ca²⁺ = 40,08 (g): 2: 1.000 = 0,02004 g / 100 cm³ de Ca, portanto para se aumentar em 1 mE Ca/ 100 g (= 1 cmolc/ dm³) a concentração de cálcio em 1 ha, temos:

1 ha = 2,4 x 10⁹ cm³ = 2.400 m³ ou 2.400 ton

Se 1 mE Ca²⁺/ 100 cm³, equivale a 0,02004 g de Cálcio/ 100 cm³, então, para se aumentar em 1 mE Ca/ ha, necessitamos de:

0,02004 g Ca / 100 cm³ = 2,4 x 10⁹ cm³ / X

X g Ca²⁺ = 2,4 * 10⁹ cm³ * 2,004x10⁻² g * 10⁻²cm³ = 2,4 * 10² * 2,004 Kg Ca²⁺

X = 481 Kg Ca²⁺/ ha

Na prática, o aporte de cálcio ao sistema é feito com aplicação de calcários, cujo teor de Ca é dado em óxido de cálcio (CaO), o que leva aos cálculos seguintes. Calcário com 30% de CaO, transformando CaO para Ca²⁺:

Peso atômico do Ca = 40,08g, O = 15,99g, então,

CaO > Ca => Ca = 40,08 / 56,0790 = 0,7147 x CaO

Para adição de **481 Kg de Ca²⁺**, através de um calcário com teor de 30% de CaO, temos:

30 Kg CaO em 100 Kg deste calcário, ou, 21,44 Kg de Ca²⁺; que por sua vez, exige a aplicação de 2,2 ton de calcário/ ha para aumentar 1 cmolc Ca²⁺ (0 -20 cm) um solo com densidade (Ds) de 1,2 g/ cm³.

Considerando o preço atual de R\$ 95,00/ ton de calcário (FOB), mais um frete de R\$ 0,18/ton/Km, teríamos, para uma distância de 200 Km, mais R\$ 36,00/ ton de frete, totalizando, R\$ 131,00/ ton de calcário (preço CIF).

Lembrando que para ter o efeito esperado em condições de campo, conforme recomendações da pesquisa atual, deve-se multiplicar a quantidade calculada por 1,8 a 2,0, teríamos um investimento de:

R\$ 576,40/ ha (2,2 ton * R\$131,00/ ton * 2) para um aumento de 1 cmolc Ca²⁺ / ha.

Outra maneira de calcular a melhoria dos níveis de fertilidade química seria através da aplicação de calcário para aumento da saturação de nutrientes no complexo de troca (CTC) do solo.

Conforme exposto, as metas de fertilidade pressupõem uma saturação de bases (Ca, Mg, K) na CTC entre 50 e 80%, adotando uma saturação esperada de 70%

(Ve), e partindo de uma saturação atual para a condição de fertilidade natural normalmente encontrada nos solos sob vegetação de cerrado, conforme exemplo 1 mencionado, temos:

$NC, \text{ ton/ ha (0-20)} = (Ve - Va) * T / 100$ – para 100% de poder de neutralização

$NC = (70 - 13) * 4,37 / 100 = 2,49 \text{ ton/ ha (100\% de PRNT)}$

A nível de campo, para aumento relativo previsto na liberação de cargas negativas (CTC), no pH e na saturação dos nutrientes no complexo de troca, conforme recomendação atual da pesquisa, multiplicando-se a quantidade calculada do corretivo por 2, temos o aporte de:

<p>$NC, \text{ R\\$/ ha} = 2,49 \text{ ton} * 2,0 = 4,98 \text{ ton} * \text{R\\$ } 131,00/ \text{ ton} = \text{R\\$ } 652,00/ \text{ ha}$, onde NC = Necessidade de calcário</p>
--

O VALOR DO FÓSFORO

O fósforo (P) absorvido pelas plantas predominantemente na forma iônica H_2PO_4^- é um dos nutrientes mais importantes cujo principal papel na fisiologia da planta é fornecer energia para reações biossintéticas e para o metabolismo vegetal¹⁰.

Estima-se que cada 1.000 Kg de parte aérea de soja contenha 6,8 Kg de fósforo (P) e exporte, através dos grãos, cerca de 65% deste total⁹.

Aproximadamente 92% dos solos “de cerrado”, conforme mencionado inicialmente, possuem níveis de 2 ppm de fósforo solúvel acessíveis para as plantas.

De acordo com Vitti, Vale e Cardoso (2015)¹¹ a resposta para o fósforo está sujeita a 4 fatores:

- i- Solo;
- ii- Clima;
- iii- Planta;
- iv- Fontes de fósforo.

Para uma determinada cultura a avaliar, numa dada região (clima), mediante o emprego das fontes de fósforo disponíveis, o solo é o compartimento mais trabalhado para o aumento dos teores de fósforo.

Neste sentido, é imprescindível a análise de cinco parâmetros: poder tampão do solo em P (PTP), teor de matéria orgânica, o teor de magnésio, o pH do solo e o tempo de uso do solo¹⁰.

O magnésio (Mg), cujo teor favorece a absorção do P, é carregado ao sistema pela calagem, que já foi tratada neste texto; o pH, da mesma forma, também já foi considerado, sendo que a maior disponibilidade de P ocorre entre pH (H_2O) de 6,5 a 7,0; a matéria orgânica será tratada em tópico específico, sob o aspecto do suprimento de nitrogênio (N), mas adianta-se que teor mais elevado favorece a disponibilidade de P, pois, fornece P na forma orgânica, diminui a fixação do P pelo solo ao diminuir o contato fosfato/ argila e pela formação de complexos fosfo-húmicos facilmente assimiláveis pelas plantas; e o fator tempo implica em maior quantidade de P fixado quanto maior o período sob cultivo.

O fósforo disponível para as plantas (P na solução ou solúvel) atende a uma dinâmica que pode ser esquematizada na expressão abaixo:

¹⁰ Sfredo, Gedi Jorge. Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral. Londrina: EMBRAPA SOJA, 2008. 148 p.(Documentos/ EMPRAPA Soja)

¹¹ Vitti, Godofredo César; Vale, Fábio; Cardoso Izabela. Fosfato natural reativo para aplicação direta em pastagem. In: Encontro dos encontros da Scot Consultoria, 2, 29-30 de setembro, Ribeirão Preto – SP. Anais... São Carlos: Suprema Gráfica e Editora, 2015

P não lábil (fixado na fase sólida/ terra) \longleftrightarrow P lábil \longrightarrow P solução

Cerca de 70 a 80% não estão prontamente disponíveis para as plantas, mas dependendo do pH, da concentração existente e de outros fatores, este fósforo passa para a fase de P lábil e desta para a solução do solo.

A qualidade das argilas influi na seguinte ordem decrescente na fixação do P:

Argilas sesquióxidas > Argilas silicatadas 1:1 (caulinita) > Argilas silicatadas 2:1

Está bem estabelecido pela pesquisa e encontra ressonância nas práticas de cultivo a influência do teor de argila como fator de resistência à alteração dos níveis de fósforo disponível no solo.

A análise de textura dos solos é considerada de rotina nos laboratórios de análise de terra, e Sousa (2004), apud VITTI, VALE e CARDOSO (2015), estabeleceu as doses de P, na forma de P_2O_5 , necessária para se elevar em 1 ppm (mg/ Kg) os teores de P numa camada de 0 -20 cm de solo, de acordo com a textura do solo:

Tabela 6. Capacidade Tampão de Fósforo (CT)

Teor de argila	Capacidade tampão de fósforo (CT)	
	Extrator Mehlich-1	Resina
%	Kg P_2O_5	mg/ dm^3 de P
15	5	6
16 – 35	9	9
35 – 60	30	14
60	70	19

$P = P_2O_5 \times 0,43642$ (tabelas)

Exemplo 2: Cálculo da quantidade de adubo fosfatado, na forma de P_2O_5 , necessária para aumentar o teor de P disponível em 1 ppm (mg/ Kg de solo):

Considerando que os solos em fertilidade natural possuem cerca de 2 ppm e que para solos de textura média, com 30% de argila, a meta de fertilidade para se obter boas produtividades seria de 14 ppm, temos um déficit de 12 ppm de P, o que requer a aplicação de 108 Kg de P_2O_5 , equivalentes a 225 Kg de fosfato monoamônio - MAP (48% de P_2O_5).

O preço atual do MAP é de cerca de R\$ 4.480,00, o que resulta R\$ 9,17/ Kg de P_2O_5 , ou um investimento de **R\$ 990,00/ ha:**

NP = R\$ 990,00/ ha (108 Kg P_2O_5 * R\$9,17/ Kg) para um aumento de 12 ppm P / ha, em solo de textura média, onde NP = Necessidade de Fósforo (P)

O TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA E O VALOR DO NITROGÊNIO

A matéria orgânica é responsável por cerca de 70% da capacidade de troca (CTC) dos solos “de cerrado” (Lopes (1984), citado por CORSI e MARTHA JR¹²).

No entanto, para que a matéria orgânica forneça nutrientes para o meio, ela precisa ser mineralizada, em quantidade e velocidade dependentes da taxa de mineralização da matéria orgânica, que por seu turno, depende de múltiplos fatores, bióticos e abióticos, dentre eles: o pH do solo, da composição e quantidade de material adicionado, a textura da superfície do solo, da drenagem, da topografia, da quantidade de argila, da temperatura, da umidade, do tipo de cobertura morta, da população de microorganismos, etc.

¹² Moacyr Corsi e Geraldo Bueno Martha Júnior. Manutenção da fertilidade do solo em sistemas intensivos de pastejo rotacionado. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 14, 1997, Piracicaba, SP. Anais... Piracicaba:FEALQ. 1997. p. 161 – 192.

De forma simplificada, as adições de matéria orgânica ao sistema de produção podem ser avaliadas através de fórmulas, como a proposta por Greenland (1986) e Sanchez (1976), apud CORSI e MARTHA JÚNIOR (1997), respectivamente:

$$dC / dt = -K * C + a \text{ (Equação 1), onde,}$$

C = massa de carbono por área,

K = taxa de decomposição

a = adição de carbono por unidade de tempo e área;

$$C = b * m / k \text{ Equação (2), onde,}$$

C = porcentagem ou concentração de carbono orgânico no solo em equilíbrio (t/ha)

b = quantidade anual de matéria orgânica fresca adicionada ao solo (t/ha)

m = taxa de conversão de matéria orgânica fresca em carbono orgânico do solo (%)

k = taxa de decomposição anual da matéria orgânica do solo (%)

A taxa (m) de conversão de matéria orgânica em carbono orgânico, segundo CORSI e MARTHA JR (1997), varia de **30 a 50% por ano**, sendo relativamente constantes entre os diferentes ambientes.

A taxa (k) anual de decomposição/ mineralização da matéria orgânica em áreas de cerrado é de aproximadamente **1,2%**, mas em áreas de cultivo, o acréscimo nesta taxa pode ser de até 4 vezes [Sanchez, 1976, apud CORSI e MARTHA JR (1997)].

Cerri (1989), citado por CORSI e MARTHA JR (1997), trabalhando com pastagens de *Brachiaria humidicola*, em Rondônia, encontrou valores de **1,2% para a taxa de mineralização**, e caso se admita a adição de 4 ton/ ha de matéria orgânica, com conversão de 40% para C orgânico, utilizando a equação (1), teríamos o seguinte conteúdo de matéria orgânica no solo:

$$C = 4 \text{ ton} \times 40\% / 1,2 = 1,33 \text{ ton de Carbono / ha,}$$

considerando a existência de 58% de C na matéria orgânica, daria **2,3%** de matéria orgânica (1,33 ton de C x 1,72).

Caso se considere o aumento de até 4 vezes na taxa de decomposição da matéria orgânica, o teor de matéria orgânica do solo seria, nas mesmas condições, de apenas 0,57%.

Uma vez adicionada e assimilada, a matéria orgânica passa por processos de mineralização (passagem da forma orgânica para mineral) para fornecer os nutrientes para as plantas.

Portanto, a quantidade de nutriente fornecida anualmente depende, primordialmente, dos dois fatores citados:

I. Da taxa de mineralização da matéria orgânica

II. Do teor do nutriente disponível no meio (solo)

De acordo com Tisdale et al, 1993 e Sá, 1996, citados por CORSI e MARTHA JR (1997), o teor de N mineral dos solos varia usualmente de **2 a 5%** e a taxa de mineralização está compreendida de **1 a 5%** (Sanchez, 1976, Greenland, 1986, citados por CORSI e MARTHA JR), com os valores mais altos ocorrendo em ambientes tropicais.

Vitti e Favarin, 1997, citados por CORSI e MARTHA JR (1997), apontaram quantidades de nitrogênio fornecidos para as plantas, em solos tropicais, compatíveis com os valores máximos de taxa de mineralização e N mineral do solo.

Van Raij et al, 1996, apud CORSI e MARTHA JR (1997), afirmam que cerca de **95%** ou mais do N do solo está contido na matéria orgânica, mas, ao mesmo tempo,

asseveram que é difícil se estabelecer correlações entre os teores de matéria orgânica do solo com a disponibilidade de nitrogênio para as plantas.

Considerando um solo com densidade de **1,2 g/ cm³** ($2,4 \times 10^6$ cm³ solo), contendo **1.5%** de matéria orgânica, num ambiente que propicie uma taxa de conversão da forma orgânica para mineral (taxa de mineralização) de **3%**, com teor de **(N) mineral de 3%**, teríamos a seguinte quantidade de N sendo fornecido:

$$2,4 \times 10^6 \times 1,5 \times 10^{-2} \times 3,0 \times 10^{-2} \times 3,0 \times 10^{-2} = 32,4 \text{ Kg de N/ ha/ ano}$$

É importante observar que o teor de nitrogênio do material adicionado influencia na mineralização do carbono orgânico e dependendo do material, o balanço pode ser negativo. Materiais que possuem baixo teor de proteína (N), de 6,25 a 8,1% PB, induzem baixa mineralização da matéria orgânica adicionada, predominando a imobilização (conversão do N mineral para a forma orgânica) ao invés do processo de mineralização líquida.

Do carbono adicionado, 35% é assimilado pelos micro-organismos e 65% é perdido como CO₂, e dependendo da quantidade de N necessária para assimilar o carbono, o balanço pode ser negativo entre o N consumido na assimilação do C e o N fornecido.

CORSI e MARTHA JR (1997) demonstram os cálculos no caso da adição de 2 toneladas/ ha de material vegetal na área com 93% de matéria orgânica e 7% de minerais, contendo 1,3% de N na matéria seca e 58% de carbono na matéria orgânica, da seguinte maneira:

$$2.000 \times 0,93 \times 0,58 = 1.078 \text{ Kg de C (2)}$$

$$1.078 \times 0,35 = 377,58 \text{ Kg de C assimilado}$$

Considerando a relação C / N de 12,5: 1,0 para a matéria orgânica estabilizada, Scholefield, et al, 1991, apud CORSI e MARTHA JR (1997), ou seja, para a assimilação de 12,5 Kg de C há o consumo de 1 Kg de N, o gasto é de 30,2 Kg de N ($377,58 / 12,5$).

O material orgânico adicionado forneceria: $2.000 \text{ Kg} \times 1,3\% / 0,93 = 28 \text{ Kg de N}$, o que resulta um déficit de 2,2 Kg de N para suprir as exigências dos microorganismos e permitir um balanço líquido de mineralização.

Apesar de envolver cálculos complexos de contribuição marginal, derivada de massa acumulada por tempo, e de estar sujeita a influência de múltiplos fatores bióticos e abióticos, inclusive do sistema de produção adotado e do meio ambiente em que se desenvolvem as atividades, é largamente reconhecido o papel da matéria orgânica na manutenção do equilíbrio e níveis elevados de produtividade, através da retenção e fornecimento de nutrientes, especialmente do Nitrogênio.

LOPES (1984) afirma que para elevar em 1% o teor de matéria orgânica no solo há a necessidade de se aplicar 60 toneladas de esterco de curral por hectare. Este mesmo autor obteve um aumento de 1,5 cmolc/ 100 cm³ na CTC efetiva, para cada aumento de 1% no teor de matéria orgânica para amostras de solo com pH acima de 5,5 [CTC efetiva (\hat{Y}) = $-0,1059 + 1,4531 * \text{Mat. Orgânica} (\%)$].

Para sistemas de produção bem manejados e que mantêm produtividades média/ altas, o suprimento de C e N, ano a ano, podem, de maneira simplificada, ser calculados conforme os parâmetros apresentados e aplicados nos exemplos abaixo.

LAVOURA DE SOJA

A tabela 6, extraída de GEDI JORGE SFREDO (2008), mostra as quantidades de NPK absorvidos e exportados pela soja, o que nos permite calcular a contribuição dos restos de cultura para o aporte de N ao sistema produtivo.

Tabela 6. Quantidade absorvida e exportação de nutrientes pela cultura da soja

Parte da planta	N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)
	Kg/ 1000 Kg	Kg/ 1000 Kg	Kg/ 1000 Kg
Grãos	51	10,0 (4,4)	20 (17)
Restos culturais	32	5,4 (2,4)	18 (15)
Total	83	15,4 (6,8)	38 (32)
% exportada	61	65	53

Para um aumento de 1% na matéria orgânica do solo, com densidade de 1,2 g/cm³ (0 – 20 cm), seria necessário a adição e assimilação de 24 toneladas de matéria orgânica:

$2,4 \times 10^6 \text{ (Kg solo)} \times 1 \times 10^{-2} = 24.000 \text{ Kg de matéria orgânica ou 24 toneladas}$

Exemplo 3: Cálculo da quantidade de matéria orgânica e balanço de nitrogênio (N):

Considerando que os resíduos (palhadas) possuem, em média, 42% de carbono, e que de 30 a 35% do total adicionado são assimilados pelos microorganismos do solo, 70 a 65% são perdidos na forma de CO₂¹¹, uma adição de 4 toneladas de resíduo de soja contribuiria, efetivamente, com 0,6 toneladas/ ha/ ano de carbono orgânico no solo (1,4 ton matéria orgânica/ ha/ ano):

$4.000 \text{ Kg} \times 0,42 \times 35\% = 0,6 \text{ toneladas C/ ha/ ano ou } 1,4 \text{ toneladas de matéria orgânica/ ha/ ano (C} \times 2,38 = \text{Mat. Orgânica)}$.

O período necessário para provocar o aumento de 1% no teor de matéria orgânica do solo seria então de 17 anos.

Levando-se em conta a relação média C/N dos resíduos de agricultura como sendo de 18: 1, a relação C/N de equilíbrio no solo de 11,5⁷, teríamos o seguinte balanço de nitrogênio, a partir da adição de 4 toneladas de resíduo de soja/ ha/ ano:

$(4.000 \text{ Kg} \times 0,42) / 18 = 93 \text{ Kg de N total fornecidos pelo resíduo, com o seguinte gasto:}$

$588 \text{ Kg C assimilado} / 11,5 = 51 \text{ Kg N assimilado pelos microorganismos (imobilizado)}$

Balanço N = 93 – 51 = + 42 Kg N / ha/ ano

Caso o resíduo adicionado tivesse relação C / N de 43, haveria déficit de N, ou consumo do N presente no solo:

Balanço N = 39 – 51 = -12 Kg N / ha/ ano

Outra maneira de se calcular o fornecimento de N para as culturas, seria partindo da matéria orgânica presente no solo, estabelecidas a taxa de mineralização anual da matéria orgânica do solo naquele ambiente, a taxa de decomposição/ conversão da matéria orgânica fresca em carbono orgânico e o teor de N mineral do solo.

Em ambientes tropicais a taxa de decomposição anual da matéria orgânica (k) é aproximadamente três vezes superior à de climas temperados e o acréscimo nesta taxa, devido às operações de cultivo, pode ser de até 4 vezes, CORSI e MARTHA Jr (1997)¹¹.

A taxa de conversão (m) da matéria orgânica fresca em carbono orgânico situa-se, conforme visto anteriormente, entre 30 e 50% por ano.

Estas taxas são relativamente constantes entre os diferentes ambientes.

Deste modo, para 1% de matéria orgânica, com área de densidade do solo (Ds) de 1,2 g/ cm³ (0-20), em região tropical ($k = 1,2 * 4 = 4,8\%$) e teor intermediário de N mineral no solo (3,5%), temos o seguinte suprimento de N:

$$2,4 * 10^6 \text{ Kg de solo} * 1 * 10^{-2} * 4,8 * 10^{-2} * 3,5 * 10^{-2} = 40 \text{ Kg N/ ha/ ano}$$

Os dados e observações de campo indicam que a adição de resíduos ao solo contribui tanto para o acúmulo de matéria orgânica como para o fornecimento de nitrogênio para os cultivos.

Em linhas gerais, a adição de materiais de maior relação C / N e menos lignificados favorecem o acúmulo de matéria orgânica no solo e materiais de menor relação C / N favorecem o fornecimento de nutrientes anualmente.

Os cálculos apresentados, embasados na literatura e nas condições de explorações agrícolas bem conduzidas de clima tropical, típicas de regiões de agricultura mais desenvolvida, com aporte de insumos ao sistema, indicam que o suprimento de N pode, facilmente, atingir 40 Kg N/ ha/ ano com a manutenção e/ou aumento do teor de matéria orgânica no solo.

Ao preço atual do N (Uréia a R\$ 2.400,00/ ton) de R\$ 5,33/ Kg N, a economia de N ou investimento anual seria da ordem de **R\$ 213,00/ ha/ ano** para cada 1% de matéria orgânica.

NN = R\$ 213,00/ ha/ ano (40 Kg N * R\$5,33/ Kg) para teor de 1% Mat Orgânica e adição de 4 ton/ ha/ano de resíduo, onde NN = Necessidade de Nitrogênio (N)

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A avaliação de culturas de ciclo curto, especialmente as lavouras anuais de grãos, devem, segundo a Norma 14.653-3:2019, ser avaliados pelo valor econômico descontos todos os custos diretos e indiretos, considerando-se o lapso de tempo entre a avaliação e o final da vida útil da cultura.

Desta forma, a expressão que a ser empregada é a seguinte:

$$VE = (RL * Fa * r), \text{ onde,}$$

RL = Renda Líquida Anual

Fa = Fator de atualização ou de desconto das rendas futuras, que no caso de 1 ano seria "1,00"

r = risco de obtenção da renda, normalmente considerado junto com a taxa de capitalização

Contudo, levando em conta o ciclo de 1 ano e a renda líquida obtida neste intervalo de tempo, corre-se um sério risco de haver uma subavaliação da cultura, ficando incorporado ao valor da terra, no caso, da terra nua (VTN), os investimentos que estes cultivos requerem ao longo dos anos, especialmente no quesito fertilidade do solo e teores de matéria orgânica/suprimento de nitrogênio (N).

Há conhecimento técnico-científico suficiente nas áreas de química e biologia de solos para a obtenção de parâmetros referenciais mínimos com relação a determinados elementos para se proceder a avaliação dos investimentos realizados.

Os dados e informações coletadas dão conta dos seguintes valores que devem ser adicionados à renda líquida anual para valoração do hectare de terras destinadas às culturas de ciclo curto, a partir da maioria dos solos de fertilidade natural sob vegetação de cerrado:

Especificação	Critério ou meta	Quantidade	Valor, R\$/ha
Teor de Cálcio (Ca ²⁺) ¹	Aumento de 1 cmolc/ dm ³	481 Kg Ca	576,40
Fosforo (P ou P ₂ O ₅) ²	Aumento para teores > 12 ppm	47 Kg P	990,00
Matéria Orgânica no solo	Fornecimento N ou nível de 1% de matéria orgânica	40 Kg N ou 4 ton resíduo com soja	213,00 ³
TOTAL			1.779,00

Notas: ¹ Solo de textura média, ds 1,2 g/ cm³, profundidade de 0 -20 cm

² solo com 30% argila

³ aportes anuais no caso do nitrogênio

Considerando o preço atual médio de mercado de R\$ 40.000,00/ ha (VTI) e 10 anos de cultivo, o valor destes melhoramentos representariam cerca de 10% do valor total da terra.

O valor encontrado é mero exemplo, sendo que outros nutrientes (potássio, magnésio, enxofre, micronutrientes,etc) e componentes do sistema de produção (enzimas, aminoácidos, compactação, infiltração de água, etc) podem ser considerados sob a mesma ótica e critérios empregados.

De qualquer modo, o valor das benfeitorias reprodutivas de ciclo curto, devem atender o item 8.4.3, "b", e conjugar o método da renda com o de custos dos investimentos.

Os cultivos integrados, cada vez mais adotados, devem ser melhor estudados para que seja possível identificar os elementos mais importantes a serem medidos que contribuem para incrementos de produtividade, aumento das margens de lucro e, conseqüentemente, da sustentabilidade econômica, social e ambiental dos cultivos.

Um parâmetro recente, lançado pela EMBRAPA, que deve ser acompanhado e pode representar um grande avanço na determinação de parâmetros mais completos para aferição das melhorias empregadas na produção é a BIOANÁLISE.

Tal tecnologia consiste em determinações enzimáticas e químicas, gerando índices de qualidade biológica e química do solo, que são aplicados no cálculo de um único índice de qualidade do solo (IQS FertBio).

RESUMO

Na avaliação de benfeitorias reprodutivas de ciclo curto, para separar ou não o valor da terra nua (VTN), a Norma específica que seja adotado a RENDA LÍQUIDA, considerando a data da avaliação e o final da vida útil do bem.

No caso, como o ciclo de produção encerra-se dentro de 1 ano, a adoção pura e simples da renda líquida obtida (receita bruta – custos diretos e indiretos) deixa de considerar uma série de investimentos realizados ao longo dos anos, principalmente nas características químicas, físicas e biológicas do perfil do solo.

A expressão para o cálculo do valor das culturas de ciclo curto passaria a ser:

$VE = (RL \times Fa \times r) + I$, onde, RL = Renda Líquida Anual; Fa = Fator de atualização r = risco de obtenção da renda; I = Investimentos no perfil e saúde do solo (fertilidade química e biológica)

Aplicando-se os cálculos apresentados no texto, teríamos o elemento “I” correspondente ao valor de 481 Kg de Ca^{2+} / ha, para aumento de 1 $cmolc.dm^{-3}$; mais 47 Kg de P/ha; e mais 40 Kg N/ha/ano de nitrogênio fornecido para cada 1% de matéria orgânica ou aproximadamente 4 toneladas de resíduo de soja/ha/ano de cultivo.

PALAVRAS CHAVES: *avaliação; benfeitorias reprodutivas; anuais; terra nua*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ¹ CONTINI, ELISIO E ARAGÃO, ADALBERTO. O agro no Brasil e no mundo: uma síntese do período de 2000 a 2020. EMBRAPA – SIRE. Disponível em: <http://www.embrapa.br/secretaria-inteligencia-e-relacoes-estrategicas-sire> Acesso em 08/06/2021
- ² ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 14.653-3:2019. Avaliação de bens. Parte 3: Imóveis rurais e seus componentes. 2ª edição, 27/06/2019. Versão corrigida, 20/08/2019. 48 p.
- ³ LOPES, ALFREDO SCHEID. Solos sob cerrado: características, propriedades e manejo. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984, 2ª edição
- ⁴ GOEDERT, WENCESLAU J. Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo/ Wenceslau J. Goedert (editor). São Paulo: Nobel, Brasília: EMBRAPA, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1985. p 33-98
- ⁵ Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2014 – Londrina: EMBRAPA SOJA (Sistemas de Produção/ EMBRAPA SOJA), 2013. 268 p.
- ⁶ LOPES, A.S. E GUIDOLIN, J.A. Interpretação de análise do solo: conceitos e aplicações. 2ª edição. Comitê de Pesquisa Técnico ANDA. São Paulo:1989, 64p.
- ⁷ RAIJ, BERNARDO VAN. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba: Instituto de Potassa & Fosfato: Instituto Internacional de Potassa, 1981
- ⁸ LOPES, A.S. & GUILHERME, LUIZ ROBERTO GUIMARÃES. Uso eficiente de fertilizantes: aspectos agronômicos. São Paulo: ANDA, 1990. (Boletim Técnico, 4)
- ⁹ OTTO, RAFAEL. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=O8mXPY9mclc> . Acesso em 10 ago.2021.
- ¹⁰ SFREDO, GEDI JORGE. Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral. Londrina: EMBRAPA SOJA, 2008. 148 p.(Documentos/ EMPRAPA Soja)
- ¹¹ VITTI, GODOFREDO CÉSAR; VALE, FÁBIO; CARDOSO IZABELA. Fosfato natural reativo para aplicação direta em pastagem. In: ENCONTRO DOS ENCONTROS DA SCOT CONSULTORIA, 2, 29-30 de setembro, Ribeirão Preto – SP. Anais... São Carlos: Suprema Gráfica e Editora, 2015
- ¹² MOACYR CORSI E GERALDO BUENO MARTHA JÚNIOR. Manutenção da fertilidade do solo em sistemas intensivos de pastejo rotacionado. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM,14.1997. Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ. 1987. p. 161 – 192.

ANEXO I

Fatores para conversão entre unidades e representação dos macronutrientes primários e secundários.

Elemento	Unidade	Miliequiv.	Forma elem	Forma Óxido	Forma de radical	Forma de sal
Nitrogênio		meq	g N	*g NO ³⁻	g NH ⁴⁺	-
	meq	1	0,01401	0,06201	0,01804	-
	g N	71,377	1	4,42680	1,28783	-
	g NO ³⁻	16,126	0,22589	1	0,29092	-
	g NH ⁴⁺	55,432	0,77650	3,43740	1	-
Fósforo		meq	g P	g P ₂ O ₅	g PO ⁴⁻	-
	meq	1	0,01032	0,02367	0,03166	-
	g P	96,899	1	2,29136	3,06618	-
	g P ₂ O ₅	42,265	0,43642	1	1,33812	-
	g PO ⁴⁻	31,589	0,32614	0,74732	1	-
Potássio		meq	g K	g K ₂ O	-	-
	meq	1	0,03909	0,04709	-	-
	g K	25,582	1	1,20458	-	-
	g K ₂ O	21,236	0,83016	1	-	-
Cálcio		meq	g Ca	g CaO	-	g CaCO ₃
	meq	1	0,02004	0,02804	-	0,05004
	g Ca	49,900	1	1,39920	-	2,49726
	g CaO	35,663	0,71470	1	-	1,78477
	g CaCO ₃	19,984	0,40044	0,56023	-	1
Magnésio		meq	g Mg	g MgO	-	g MgCO ₃
	meq	1	0,01215	0,02015	-	0,04216
	g Mg	82,304	1	1,65807	-	3,46829
	g MgO	49,628	0,60311	1	-	2,09100
	g MgCO ₃	23,719	0,28833	0,47807	-	1
Enxofre		meq	g S	-	g SO ₄ ²⁻	g CaSO ₄
	meq	1	0,01603	-	0,04803	0,06807
	g S	62,375	1	-	2,99588	4,24588
	g SO ₄ ²⁻	20,820	0,33379	-	1	1,41724
	g CaSO ₄	14,691	0,23552	-	0,70560	1

Fonte: Verdade, 1963, apud LOPES, A.S. e GUIDOLIN, J.A. (1989)

(*) Não é óxido, mas sim, radical

Meq (miliequivalente) = emq (equivalente miligrama)