

NUTRIÇÃO MÍNIMA PARA A REGENERAÇÃO DE PASTAGENS: TECNOLOGIA A SER FORTALECIDA NO ESPÍRITO SANTO

André Guarconi¹; Lorena Vidaurre Ribeiro²; Wescley Henrique Silva Marion³;
Anderson Geraldo Pagotto de Moura³; Renan da Silva Fonseca⁴

Resumo – A pecuária é uma atividade de suma importância para a economia do Espírito Santo. Contudo, devido à elevada taxa de lotação animal e, especialmente, ao manejo inadequado da fertilidade do solo em áreas de pastagens, estas constituem a maioria das áreas degradadas do estado. Isso gera consequências extremamente negativas para o meio ambiente e para sua economia. A regeneração dessas pastagens degradadas deve ser realizada com o uso de uma tecnologia eficiente, simples, econômica e de fácil adoção. A principal forrageira plantada no Espírito Santo é a braquiária (*syn. Urochloa*), por isso, a regeneração é direcionada para esse tipo de pastagem. Os nutrientes mais responsivos em produtividade para essa graminea são o cálcio (Ca), o fósforo (P) e o nitrogênio (N). Entretanto, os adubos nitrogenados são muito mais caros e estão sujeitos a perdas de diversas naturezas, especialmente volatilização e lixiviação. Porém, algumas teorias e observações indicam a possibilidade de não aplicar esse insumo na regeneração de pastagem. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi apresentar o conceito e recomendar a “nutrição mínima para a regeneração de pastagens”, bem como pormenorizar as razões que a justificam e as observações e teorias que a sustentam. Com base em discussão detalhada, pôde-se definir que a “nutrição mínima para a regeneração de pastagens” se mostra como uma tecnologia que deve ser adotada e incentivada como forma de modificar o painel de degradação a médio prazo, no sentido de favorecer o desenvolvimento positivo da cadeia produtiva da bovinocultura capixaba.

Palavras-chaves: capim; degradação; calagem; adubação fosfatada.

MINIMAL NUTRITION FOR PASTURE REGENERATION: A TECHNOLOGY TO BE STRENGTHENED IN ESPÍRITO SANTO

Abstract – Livestock farming is an extremely important activity for the economy of Espírito Santo. However, due to the high rate of animal stocking and especially the inadequate management of soil fertility in pasture areas, these constitute the majority of degraded areas in the state. This degradation generates extremely negative consequences for both the environment and the economy. To address this, the regeneration of these degraded pastures must rely on an efficient, simple, economical and easily adopted technology. The main forage planted in Espírito Santo is brachiaria (*Syn. Urochloa*), so pasture regeneration efforts focus on this species. The most responsive nutrients in productivity for this grass are calcium (Ca), phosphorus (P) and nitrogen (N). However, nitrogenous fertilizers are much more expensive and are subject to losses of various kinds, especially volatilization and leaching. Some theories and observations suggest that nitrogen may not be necessary in pasture regeneration. Thus, this paper aims to present the concept of “minimum nutrition for the regeneration of pastures” and recommend its application, as well as to detail the reasons that justify it and the observations and theories that support it. Based on a detailed discussion, it was possible to define that the “minimum nutrition for pasture regeneration” represents a promising technology that should be adopted and encouraged. This approach is as a way of modifying the degradation panel in the medium term, to favor the positive development of the cattle production chain in Espírito Santo.

Keywords: grass; regeneration; liming; phosphate fertilization.

¹ D.Sc. Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador do Incaper, guarconi@incaper.es.gov.br

² M.Sc. Produção Animal, Extensionista do Incaper

³ Técnico em Agropecuária, Extensionista do Incaper

⁴ M.Sc. Agroecologia, Técnico do Incaper



INTRODUÇÃO

As pecuárias de corte e leite representaram, em 2017, 12% de participação total no valor bruto da produção agropecuária do estado do Espírito Santo, com 656,7 milhões de reais/ano para a pecuária leiteira e 828,0 milhões de reais/ano para a pecuária de corte (Galeano; Vandermas, 2021). A pecuária bovina envolve, no estado, 35.261 propriedades e 34.102 pecuaristas, sendo criadas cerca de 1,94 milhão de cabeças (Idaf, 2019 citado por Incaper, 2020).

Para dar suporte a uma atividade dessa magnitude, o Espírito Santo conta com uma área de 1,46 milhão de hectares (ha) de pastagens. As pastagens naturais representam apenas 0,18% de participação nas áreas agropecuárias capixabas, enquanto as pastagens plantadas ocupam 48,91% do total (Idaf, 2019 citado por Incaper, 2020). Exatamente por isso, a pecuária no estado é desenvolvida majoritariamente de forma extensiva sobre pastagens cultivadas. Portanto, a produtividade e a manutenção da pecuária capixaba são extremamente dependentes da qualidade das pastagens sobre as quais essa atividade é desenvolvida.

Segundo Barreto, Sartori e Dadalto (2012), em seu interessante e minucioso trabalho intitulado *Levantamento de áreas agrícolas degradadas no estado do Espírito Santo*, o estado possuía 393.321,55 ha de áreas agrícolas degradadas. Desse total, 238.943,66 ha eram áreas de pastagens degradadas, ou seja, 60,75% das áreas degradadas do Espírito Santo eram resultado de pastagens malconduzidas, gerando consequências extremamente negativas para o ambiente e para a economia capixaba, isso em 2012, ano de realização do trabalho.

Com o decorrer do tempo, e inclusive considerando o período de acentuado déficit hídrico que ocorreu no Espírito Santo após 2012, pode-se inferir que o quadro atual seja ainda mais grave, apesar de publicações mais recentes demonstrarem o contrário, como apontam dados levantados por Souza *et al.* (2021). Essa incongruência se deve, muito provavelmente, ao conceito de degradação e à forma de amostragem utilizados nos diferentes estudos. Nesse sentido, de acordo Dias Filho (2017), “a degradação da pastagem é a queda acentuada e contínua da produtividade da pastagem, no decorrer do tempo”,

não sendo considerado dentro do conceito todas as consequências negativas ao ambiente, geradas pelo aumento da erosão e pelo depauperamento do solo.

Por outro lado, para Macedo e Araújo (2019), que acrescentam consequências ambientais ao conceito, a pastagem degradada é caracterizada por: redução na brotação e na produtividade das forrageiras; aumento gradativo de solo descoberto; e elevada presença de plantas invasoras, contribuindo para que o solo dessas áreas se torne compactado, empobrecido, ácido e mais suscetível à erosão. Essa constatação é incrementada por Van Oudenhoven *et al.* (2015), para quem as pastagens degradadas geram maior potencial de erosão aos solos, aumentando a perda de nutrientes e da estrutura original, o que intensifica o depauperamento do conjunto solo-pastagem e maximiza a possibilidade de impactos ambientais diretos e indiretos.

Esse quadro de degradação das áreas de pastagem deve ser modificado, mas, antes de tudo, deve-se diferenciar a regeneração de pastagem da renovação de pastagem. Enquanto a primeira é realizada por meio da utilização de práticas edáficas, a segunda vai além, pois, em acréscimo às práticas edáficas, utiliza-se práticas mecânicas que modificam as características físicas do solo, facilitando o desenvolvimento das novas forrageiras introduzidas.

A regeneração das pastagens é implementada quando é restabelecido o nível de produtividade e cobertura do solo original, mantendo-se a mesma forrageira na área. Já a renovação requer a realização de um novo plantio, substituindo a forrageira degradada para que sejam restabelecidas a produtividade e a cobertura originais do solo. A fertilidade do solo é recuperada, na maioria das vezes, fazendo calagem, gessagem e/ou adubações (Macedo; Araújo, 2019). Para os mesmos autores, a utilização de ações mecânicas no solo só se justifica quando o nível de degradação é mais elevado, visando, além da regeneração da pastagem, a implementação de práticas mecânicas de conservação do solo, como a construção de terraços.

A bovinocultura realmente provoca, com o tempo, a compactação dos solos devido ao contínuo pisoteio (Perazzoli; Kunze, 2018). Contudo, as forragens em geral apresentam sistema radicular agressivo e fasciculado, o



que permite que tolerem níveis mais altos de compactação. Além disso, a grande quantidade de matéria orgânica acumulada no solo, em uma pastagem bem formada, tende a reduzir a compactação devido ao processo de agregação gerado pelos compostos orgânicos liberados. Nesse sentido, Souza *et al.* (2021) sustentam que a pastagem bem manejada é uma boa estratégia para a conservação do solo, enquanto as degradadas favorecem o processo erosivo e o depauperamento do solo, o que ratifica a necessidade de reverter ou minimizar o processo de degradação das áreas de pastagem em geral.

Diversas práticas são utilizadas na regeneração e na renovação de pastagens, com resultados adequados e satisfatórios. Os mais discutidos atualmente são o sistema silvipastoril e a utilização de escavadeiras hidráulicas com implementos acoplados. No primeiro caso, os benefícios englobam fatores que melhoram a qualidade do solo, a redução da compactação e o aumento da infiltração de água, o que é uma alternativa viável em áreas declivosas, a fim de minimizar a erosão hídrica e a degradação do solo (Souza *et al.*, 2021). Porém, esse sistema não é de fácil adoção, uma vez que requer, além de investimento mais elevado, conhecimento e convencimento dos pecuaristas, que resistem a mudanças drásticas nas práticas comumente adotadas. Para os mesmos autores, a utilização de escavadeiras hidráulicas, na renovação de pastagens, é uma alternativa para a mecanização de áreas com maior declividade, mas o seu elevado custo, aliado ao retorno a longo prazo de uma pastagem renovada/recuperada, tem restringido sua utilização.

Alternativas viáveis e de custo reduzido, algumas vezes utilizadas pelos pecuaristas, mas não sistematizadas claramente em uma recomendação, são fundamentais

para que se consiga atingir o objetivo de recuperar maior quantidade de pastagens degradadas. Dentre elas, propõe-se no presente texto a “nutrição mínima para regeneração de pastagens degradadas” como forma econômica e eficiente de regenerar pastagens degradadas ou em via de degradação. A maior vantagem dessa prática consiste na facilidade de adoção pelos pecuaristas, uma vez que intuitivamente alguns já a utilizam, mas sem uma indicação técnica mais refinada.

O objetivo deste trabalho é apresentar o conceito e recomendar a “nutrição mínima para regeneração de pastagens”, bem como pormenorizar as razões que a justificam e as observações e teorias que a sustentam.

CAUSAS DA DEGRADAÇÃO DAS PASTAGENS

A degradação de pastagens pode ser caracterizada em 4 níveis de intensidade, levando em conta a presença de plantas invasoras, a cobertura do solo pela pastagem e a capacidade de suporte em relação à pastagem não degradada (Dias Filho, 2017). As pastagens caracterizadas nos níveis 1 e 2 foram definidas, pelo autor, como “pastagens em via de degradação”, enquanto as pastagens nos níveis 3 e 4 foram definidas como “pastagens degradadas”.

Interessante notar que o nível de degradação se dá quanto à presença de plantas invasoras ou de cobertura do solo (Tabela 1). Se há elevada presença de plantas invasoras, por exemplo, o solo poderia estar bem coberto, mas o nível de degradação da pastagem seria forte. Portanto, a pastagem pode estar degradada, mas o solo pode estar protegido, sem degradação. Porém, se o solo estiver degradado, a pastagem obrigatoriamente também estará degradada.

Tabela 1 – Níveis de degradação das pastagens

Nível	Intensidade	Caracterização ^{1/}		
		PI	ou	C
1	Leve	Baixa		Boa
2	Moderado	Moderada		Moderada
3	Forte	Alta		Baixa
4	Muito forte	Muito alta		Muito baixa

^{1/} PI = presença de plantas invasoras; C = cobertura do solo pela pastagem; Redução (CS) = redução na capacidade de suporte em relação à pastagem não degradada.

Fonte: Adaptado de Dias Filho (2017).



O nível de degradação das pastagens, a capacidade de investimento e o perfil de aceitação de tecnologias por parte do pecuarista são pontos a serem considerados na tomada de decisão em relação à forma de enfrentamento do problema.

Existem duas principais razões para a degradação de pastagens em áreas com condições hídricas suficientes, mesmo que mínimas: o excesso de unidades de animais por área (UA/ha) e a falta de reposição de nutrientes para o solo (Souza et al., 2021). O primeiro fator é de mais fácil controle, bastando para isso algum apoio técnico e conscientização dos pecuaristas. Por outro lado, a manutenção da fertilidade do solo em níveis adequados, para o bom desenvolvimento de forrageiras, é posto como o grande desafio a ser vencido.

Os solos capixabas são, em sua grande maioria, intemperizados, pobres em nutrientes e ácidos (Pires et al., 2003; Prezotti; Guarçoni, 2013; Cunha et al., 2016). Para a implementação de pecuária extensiva, os solos predominantes no Espírito Santo seriam considerados até satisfatórios, mesmo com uma capacidade de suporte um pouco menor. Entretanto, o que se vê, na maioria das pastagens, é a ausência de qualquer gestão relativa à fertilidade dos solos. Isso causa um ciclo que vai minando cada vez mais a possibilidade de sucesso econômico a partir das pastagens compreendidas nas próprias propriedades, provocando, ainda, segundo Lepsch (2010), elevado impacto ambiental, iniciando-se com a erosão e o assoreamento de corpos d'água, e evoluindo paulatinamente para a “semi-desertificação” de diversas áreas.

No plantio ou na renovação das pastagens, é utilizada a prática da aração, muitas vezes, realizada morro abaixo. Essa prática, por si só, já provoca erosão, mesmo em áreas mecanizáveis, e contribui para o empobrecimento do solo, pela retirada da camada superficial que ainda porventura tivesse qualquer resquício de fertilidade natural (Souza et al., 2021). Sobre essas pastagens, cultivadas em solos pedogeneticamente fracos e que sofreram com o processo de aração, são aplicadas sucessivas lotações de animais acima das adequadas, sem qualquer reposição de nutrientes para o solo, uma vez que esses nutrientes são exportados em quantidades apreciáveis na forma dos produtos carne e leite, a partir do consumo da forrageira

pelos animais. Nesse caso, de acordo com Lepsch (2010), a pastagem começa a ficar faltada, gerando exposição direta do solo ao sol e às gotas de chuva, gerando mais erosão e degradação, o que culmina em uma área cada vez mais depauperada, com baixíssima capacidade de suporte econômico e segurança ambiental.

A forma mais adequada para a regeneração de pastagens degradadas é o plantio direto do capim, com ausência de movimentação do solo, realizado após a dessecção da vegetação remanescente com herbicida, o que permite a manutenção da cobertura do solo com a palhada e reduz drasticamente a perda de solo e a erosão (Andrade et al., 2015). Em acréscimo a essa prática, ou mesmo de forma isolada, pode-se realizar apenas a correção do solo e a adubação da forragem remanescente para a regeneração. Porém, a manutenção da palhada no solo cria um ambiente que irá influenciar diretamente na aplicação de corretivos e fertilizantes (Reis et al., 2017), e a definição dos nutrientes mais responsivos para as principais forrageiras utilizadas no Espírito Santo é de suma importância para recuperar qualquer área de pastagem que estiver degradada ou em via de degradação.

NUTRIENTES, SUAS RELAÇÕES E AS LEIS QUE INFLUENCIAM SUA DINÂMICA

O conhecimento sobre a importância dos nutrientes para o desenvolvimento das plantas não é novo. Já em 1939, Arnon e Stout (1939) definiram os critérios de essencialidade para que um elemento químico seja considerado um nutriente de plantas, sendo eles:

- Na ausência do elemento, a planta não completa o seu ciclo de vida;
- O elemento não pode ser substituído por outro;
- O elemento deve estar diretamente envolvido no metabolismo da planta, como constituinte de um composto essencial, ou ser necessário para a ação de um sistema enzimático.

Se um dos três critérios não for atendido, o elemento químico não será definido como nutriente de plantas.

Em função da maior ou menor quantidade requerida pelas plantas, os nutrientes podem ser classificados,



respectivamente, como macronutrientes (carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) ou micronutrientes (ferro, cobre, manganês, zinco, cloro, boro, molibdênio e níquel) (Dechen; Nightingall, 2006). O carbono, o hidrogênio e o oxigênio são fornecidos pelo ar e pela água. Já os demais nutrientes devem ser fornecidos na forma de alguma fonte externa ao solo, caso este não os contenha. Por serem requeridos em maior quantidade, os macronutrientes são sempre mais relevantes quando se pretende fornecer nutrientes às plantas.

Já no século XVIII, Justus von Liebig estipulou uma lei da fertilidade do solo que influenciou todo o processo de nutrição de plantas até recentemente. Essa lei é denominada de Lei do Mínimo e ela determina que: "O crescimento das culturas é limitado por aquele nutriente que ocorre em menor concentração no solo". Sendo esse nutriente fornecido, a produtividade aumentaria até o limite provocado pelo próximo nutriente em deficiência (Raij, 2011).

Atualmente, sabe-se que a Lei do Mínimo tem aplicação limitada. No caso em que vários nutrientes se encontram em déficit, a adição de qualquer um deles leva a aumentos de produtividade (Raij, 2011). Portanto, para aumentar a produtividade de uma cultura, quando diversos nutrientes estão em deficiência no solo, a aplicação de alguns nutrientes mais responsivos será suficiente para que seja atingido determinado patamar de produção, não sendo necessária a aplicação de todos eles, como comumente se pensa e difunde. Obviamente, a Máxima Eficiência Física (MEF) produtiva será alcançada quando todos os nutrientes necessários forem fornecidos nas quantidades adequadas e balanceadas. Porém, nem sempre o objetivo principal é atingir o nível produtivo de MEF, e nem mesmo o nível de Máxima Eficiência Econômica (MEE), uma vez que patamares menores de produtividade podem ser ainda mais econômicos, suprindo a necessidade produtiva para determinada função, especialmente numa ação que não trará retorno financeiro imediato, como a regeneração de pastagens degradadas.

A resposta produtiva aos nutrientes é diferenciada, o que os caracteriza como mais ou menos responsivos, ainda que todos sejam essenciais. A intensidade de

resposta produtiva irá depender especialmente da cultura em questão, uma vez que os nutrientes, apesar de apresentarem, em geral, as mesmas funções para as diferentes espécies de plantas, têm uma intensidade de resposta específica, considerando principalmente o ciclo produtivo da cultura e o metabolismo fotossintético.

Em seu seminal capítulo "Correlação e Calibração de Métodos de Análise de Solos", Alvarez (1996) demonstra claramente que a intensidade de efeito dos nutrientes na produtividade das plantas pode ser qualificada com base na declividade apresentada pela curva de resposta. Maiores declividades indicam nutrientes mais responsivos e vice-versa.

A curva de resposta de uma cultura nada mais é do que "a relação entre a produção e o nutriente aplicado ao solo" (Raij, 2011). Para o mesmo autor, as curvas de resposta clássicas e esperadas para as culturas em geral são definidas pela Lei dos Incrementos Decrescentes, também denominada como Lei de Mitscherlich. O modelo de Mitscherlich é composto por três fases, em que a fase um é caracterizada pela alta probabilidade de resposta em produtividade, de acordo com o aumento na disponibilidade de nutrientes no solo. Na fase dois, o teor do nutriente não promove aumento expressivo na produtividade, o que reduz a probabilidade de resposta da cultura em relação ao aumento do teor de nutrientes disponíveis no solo. Já na fase três, denominada de região de depleção, o aumento na quantidade disponível dos nutrientes promove efeitos tóxicos ou de competição, reduzindo a produtividade.

Dessa forma, fica claro que, para aumento da produtividade, da massa de matéria seca e da cobertura do terreno por uma forrageira, visando a regeneração de pastagens, pode-se trabalhar seguramente com os nutrientes que sejam mais responsivos, aplicados em doses que correspondam à fase um do modelo de resposta de Mitscherlich. Assim, é garantido o alcance do objetivo, que é a regeneração da pastagem, mas com um gasto compatível à disponibilidade de recursos da maioria dos pecuaristas. Além disso, o retorno econômico advindo de uma pastagem em fase de regeneração não é imediato, sendo que ela deve ficar vedada pelo tempo necessário à sua recuperação.



NUTRIENTES MAIS RESPONSIVOS

Em termos de nutrição de plantas, as braquiárias (syn. *Urochloa*) são, de acordo com Silva et al. (2014), menos exigentes em nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e enxofre (S) do que a maioria dos capins considerados de melhor qualidade bromatológica. Entretanto, para os mesmos autores, são tão exigentes quanto esses capins em relação aos macronutrientes cálcio (Ca) e magnésio (Mg), especialmente em relação ao Ca. Ora, planta-se no Espírito Santo uma planta forrageira “menos exigente”, que são as braquiárias, mas que necessita de Ca e Mg tanto quanto as mais exigentes. Esse, talvez, seja o detalhe que passa despercebido, mas que causa toda a diferença no final. Assim, é muito provável que o depauperamento das pastagens de braquiária tenha como gatilho o déficit inicial de Ca, seguido do déficit de Mg, que, por sua vez, provocam um grave desequilíbrio nutricional, reduzindo o desenvolvimento da planta e acarretando o processo de degradação.

A solução para a deficiência de Ca e Mg já foi detalhadamente discutida por diversos autores, dentre eles Guarçoni et al. (2019), para quem o calcário é a fonte mais barata de Ca e Mg que existe e, além de fornecer esses nutrientes, eleva o pH do solo, deixando os demais macronutrientes em seus níveis ótimos de disponibilidade.

Alguns autores, como Souza Filho, Veloso e Gama (2000), demonstraram a prevalência competitiva do capim braquiária sobre as plantas daninhas em valores de pH mais elevados no solo. Esses autores relataram que o capim cultivar Marandu (*Brachiaria brizantha*) aumenta sua produção de raízes e da parte aérea em razão do aumento do pH do solo, enquanto a planta invasora malva (*Urena lobata*), não. Contudo, de maneira geral, a planta invasora tem maior capacidade de recuperar nutrientes do solo. Por isso, manter o valor adequado de pH no solo é essencial para o desenvolvimento do capim, o que é fundamental em um trabalho de regeneração de pastagem.

Além do calcário, outro insumo negligenciado pelos pecuaristas no manejo de suas pastagens é o adubo fosfatado. O P é um nutriente ao qual as pastagens, de maneira geral, respondem muito bem (Silva et al., 2014),

mas os solos capixabas, em sua maioria, são extremamente pobres nesse nutriente (Pires et al., 2003), impedindo o desenvolvimento adequado das pastagens quando não é realizada a adubação fosfatada.

Em condições extremas de intemperismo, como acontece em alguns latossolos de Cerrado, o solo é um forte dreno de P. Para torná-lo fonte, são necessárias grandes quantidades de fertilizantes fosfatados, ou a sua aplicação de forma mais localizada, em menores volumes de solo, como bem definido no clássico livro de Novais e Smyth (1999).

Inúmeras espécies com potencial forrageiro possuem adaptação à baixa disponibilidade de P no solo. Essa adaptação fundamenta-se na maior eficiência de aquisição, na menor demanda e/ou na maior eficiência de reciclagem interna e de utilização do P (Cantarutti; Novais; Santos, 2004).

Existe, contudo, um paradoxo nesse cenário. Conforme abordado anteriormente, a capacidade de adsorção de P na maioria dos solos brasileiros é alta, inclusive nos solos do Espírito Santo (Pires et al., 2003). Nessas condições, para que esse nutriente possa se difundir até as raízes visando atender à demanda, mesmo de plantas adaptadas à baixa disponibilidade, são requeridas altas concentrações de P no solo (Novais; Smyth, 1999). Essa afirmativa se comprova com os níveis críticos do elemento no solo, de 95 mg/dm³ para *Brachiaria decumbens* e 76 mg/dm³ para *Panicum maximum* ‘Mombaça’, com 14 dias de idade (Santos et al., 2002). Isso significa que, aos 14 dias, essas plantas poderiam responder a adubações com P até essas concentrações no solo, que são por seu turno consideradas muito elevadas.

O P é muito importante para o estabelecimento das pastagens, uma vez que favorece o crescimento de raízes e o perfilhamento. Doses crescentes desse nutriente, até 180 kg/ha de P₂O₅, aumentaram de forma linear a produção de matéria seca do capim braquiária, na ausência e na presença de dose elevada de N (Teixeira et al., 2018).

A deficiência de P, por outro lado, é citada como a principal causa da baixa produtividade das pastagens em solos ácidos com reduzida fertilidade, uma vez que esse nutriente é considerado o mais importante para a



formação de pastagens (Vilela *et al.*, 1998), visto que é crucial para o metabolismo das plantas, como na transferência de energia da célula, nos processos de respiração e na fotossíntese (Taiz; Zeiger, 2009).

Apesar do K ser um nutriente extraído em elevada quantidade pelas forrageiras, encontrando-se resposta produtiva em algumas publicações sobre o tema, como na de Megda e Monteiro (2010), é de consenso que os solos brasileiros atendam, em geral, a demanda por K das pastagens, quando exploradas sob baixo nível tecnológico (Cantarutti *et al.*, 1999). O baixo nível tecnológico pode ser requalificado na regeneração da pastagem, posto que o objetivo inicial dessa prática não é produzir elevada quantidade de capim com boa qualidade bromatológica, que atenda à demanda de elevado número de UA/ha. Em vez disso, o foco é promover o recobrimento lento e sustentável do solo pela forrageira.

Para Guss, Salgado e Cani (2007) a adubação potássica de formação é questionável, exceto quando a área se destinar ao pastejo intensivo ou muito intensivo, em que são aplicadas elevadas doses de N. As pastagens em regeneração não se destinam, inicialmente, ao pastejo intensivo ou muito intensivo, por isso a aplicação de K na regeneração é dispensável.

É de conhecimento geral, por outro lado, que plantas como o capim braquiária respondem muito bem à adubação nitrogenada (Bohn *et al.*, 2020). Esse fato é confirmado por diversos trabalhos que avaliaram a resposta das braquiárias aos fertilizantes nitrogenados (Benett *et al.*, 2008; Costa *et al.*, 2009; Bona; Monteiro, 2010; Megda; Monteiro, 2010). Contudo, a resposta das braquiárias ao N é similar à resposta ao K, considerando o objetivo da aplicação, sendo que, de acordo com Guss, Salgado e Cani (2007), a adubação nitrogenada só é indispensável quando a área se destinar ao pastejo intensivo ou muito intensivo, o que corresponde à taxa de lotação de 4 UA/ha a 7 UA/ha, não sendo esse, definitivamente, o objetivo inicial da regeneração de pastagens.

Mesmo que se considere adequada a adubação nitrogenada na regeneração de pastagens, sua implementação prática pode ser pouco eficiente. Ao se aplicar a ureia em cobertura, que é o adubo nitrogenado mais utilizado na agropecuária, em solo corrigido com

calcário, o que, por sua vez, é prática fundamental na regeneração de pastagens, as perdas por volatilização de amônia podem ser substanciais, fato esse já ressaltado na literatura há algum tempo (Cantarella *et al.*, 2008). Além disso, os adubos nitrogenados são geralmente os mais caros, principalmente aqueles que perdem pouco N por volatilização, o que muitas vezes não condiz com a capacidade de investimento da maioria dos pecuaristas, especialmente num investimento que não traz retorno financeiro imediato, como a regeneração de pastagens.

Mas o N é o elemento predominante e majoritário na atmosfera do planeta Terra. O ar atmosférico, até 25 km de altitude, é composto, em volume, por 78% de nitrogênio (N_2) e 21% de oxigênio (O_2), sendo que os demais componentes não constituem, individualmente, 1% do volume. O nitrogênio absorvido pelas plantas não é o N_2 presente na atmosfera, uma vez que esse elemento precisa ser transformado para ser absorvido. As formas de transformação são: a fixação do N_2 atmosférico pelas bactérias fixadoras do N (fixação biológica); a diluição na água da chuva, na forma de amônio ou nitrato (Varejão-Silva, 2006); ou a fixação industrial na forma de amônia. Essa última forma de fixação talvez seja uma das maiores invenções do ser humano no século XX, o que proporcionou um salto populacional da humanidade devido à maior quantidade de alimento (1,6 bilhão de pessoas, em 1900, para 8 bilhões, em 2023), sendo idealizada gradativamente por quatro ganhadores de prêmios Nobel: Ostwald (1909), Haber (1918), Nernst (1920) e Bosch (1931); e difundida finalmente como a síntese da amônia de Haber-Bosch (Chagas, 2007).

Na fixação biológica, por outro lado, destaca-se a ação das bactérias do gênero *Rhizobium*. Bactérias desse gênero associam-se a plantas leguminosas, vivendo em nódulos de suas raízes. Essa relação estabelecida é um tipo de mutualismo, uma vez que ambas são beneficiadas. Enquanto as plantas fornecem proteção e alimento, as bactérias lhe fornecem o nitrogênio. Ao morrerem, essas plantas liberam o N de suas moléculas orgânicas para o meio, podendo ser absorvido por outras plantas, aproveitado pela biota do solo ou transformado em amônia (NH_3), se dissipando para a atmosfera (Raij, 2011).

O N que cai sobre o solo com a água da chuva, na forma de nitrato ou amônio, apresenta-se em formas passíveis



de absorção pelas plantas, podendo ser utilizado em seu metabolismo (Kobal; Torezan Silingardi; Cardoso, 2020). Nesse caso, o S e, especialmente, o N, são os nutrientes com maiores concentrações em chuvas incidentes (Möller; Hölcher, 2000).

O N assimilável presente nas chuvas incidentes é formado, em sua maioria, a partir de relâmpagos presentes nas tempestades. Quando um relâmpago ocorre, devido a sua grande intensidade, ele é capaz de literalmente quebrar as moléculas de N₂ e O₂ dentro do seu canal. A fixação de átomos de oxigênio forma compostos tais como o óxido nítrico (NO) e o dióxido de nitrogênio (NO₂), denominados genericamente de óxidos de nitrogênio (NO_x). Cada relâmpago produz algo em torno de 1 kg de NO_x (Minuzzi, 2007).

Apesar de não ser a principal fonte, a produção de compostos de N por relâmpagos é significativa em termos globais, com consequências positivas para a agricultura (Minuzzi, 2007). De qualquer forma, a incorporação anual de N via água da chuva ou deposição seca é de aproximadamente 15 kg/ha/ano, sendo 70% desse total incorporado no período chuvoso e 30% no período mais seco do ano (Henriques, 2009).

É importante ressaltar que, em levantamento realizado pelo Grupo de Eletricidade Atmosférica, o Espírito Santo foi definido como o estado que mais recebe raios e relâmpagos entre todas as unidades da Federação, sendo que, nas primeiras 6 horas de 24 de janeiro de 2023, foi atingido por 16.403 raios (Zagoto, 2023). Esse fato não deve ser desconsiderado no processo de regeneração de pastagens, pois o elevado número de raios pode incrementar uma importante fonte de N para as plantas, mesmo que gradual.

A quantidade de N efetivamente aportada via água de chuva pode ser considerada baixa para manejos intensivos ou semi-intensivos, mas para regeneração de pastagens, que não tem um período de tempo fixo para ocorrer, é bastante significativa. Além disso, deve-se considerar ainda o N proveniente da mineralização da matéria orgânica presente na área, que é intensificada pela calagem e pela adubação fosfatada, como reportado por Cantarutti *et al.* (1999).

É exatamente pelo aporte natural de N que diversos autores não recomendam esse nutriente na fase inicial de estabelecimento da pastagem, definindo a maior resposta produtiva como resultado da aplicação de calcário e adubo fosfatado, posto que não há uma fonte externa de Ca e P que possa eventualmente fornecê-los de forma natural, como acontece com o N oriundo da água de chuva, sendo aqueles oriundos dos processos pedogenéticos do solo ou de inputs externos antrópicos.

Para Cantarutti *et al.* (1999), a adubação de implantação é completamente diferente da adubação de manutenção. Nesta última, os nutrientes N e K são até imprescindíveis, especialmente para os níveis mais altos de tecnologia. Já na implantação da pastagem, a calagem e a adubação fosfatada é que determinam os principais efeitos. Esse fato é corroborado por Souza *et al.* (2016), para quem a calagem e a adubação fosfatada devem ser utilizadas na regeneração de pastagens degradadas, uma vez que aumentam a produtividade das forrageiras e a cobertura do solo.

Em sistemas pouco intensivos, apenas calcário e adubo fosfatado seriam necessários para a implantação ou regeneração da pastagem, uma vez que a necessidade de N e K da forrageira seria atendida a partir da disponibilização desses nutrientes no processo de mineralização de matéria orgânica fresca formada por fezes, urina, resíduos das forrageiras e de plantas invasoras (Guss; Salgado; Cani, 2007), além do N fornecido pela chuva incidente. Reforçando esse argumento, Volpe *et al.* (2008) demonstraram que o tratamento com calagem mais adubo fosfatado proporcionou maior produção de matéria seca de capim do que a testemunha e a simples aplicação de calcário. Essas observações ratificam a calagem (que fornece Ca, Mg e eleva o pH) e a adubação fosfatada como práticas de grande eficácia na regeneração de pastagens degradadas, especialmente nas fases iniciais de degradação.



NUTRIÇÃO MÍNIMA PARA A REGENERAÇÃO DE PASTAGENS

Visando a regeneração de pastagens em via de degradação, e mesmo aquelas onde as condições de degradação não são tão severas, Dias Filho (2017) introduz o conceito de “recuperação indireta da pastagem”, que é caracterizada pela cobertura do solo outrora exposto pelas forrageiras de interesse, a partir do aumento da sua produtividade e do seu vigor, sendo essa a forma mais simples e menos onerosa de recuperar uma pastagem degradada ou em via de degradação.

Tendo o conceito de Dias Filho (2017) como base, e relacionando todo o conjunto de conhecimentos teóricos e práticos já apresentado, pode-se introduzir o conceito de “nutrição mínima para a regeneração de pastagem”, que é descrito como: a aplicação de nutrientes mais responsivos, a partir de fontes eficientes e economicamente viáveis, como processo prioritário na regeneração de pastagens degradadas ou em via de degradação.

Utilizando como suporte o relato de Macedo e Araújo (2019), fica evidente que a nutrição mínima seria suficiente para recuperar uma pastagem em que o nível de degradação não fosse tão severo. Contudo, se houver necessidade de replantio da forrageira já presente na área, para Dias Filho (2017) o ressemeio deve ser realizado apenas em áreas descobertas, não havendo necessidade de preparar o solo. Além disso, para o mesmo autor, se for necessária a interrupção no uso da pastagem, além do período normalmente utilizado no manejo da propriedade, esse período de interrupção é relativamente curto, definindo-se um intervalo de pouco mais de 30 dias nos períodos mais chuvosos do ano.

Transferindo o conceito de “nutrição mínima para a regeneração de pastagem” para a prática, em pastagens degradadas ou em via de degradação, recomenda-se a aplicação de calcário dolomítico em cobertura, calculando-se a dose por meio da fórmula apresentada por Guarçoni et al. (2019), que considera a CTC pH 7,0 do solo, e fazendo-se a correção para a profundidade efetiva. No mínimo 30 dias após a aplicação do calcário, com boa chuva incidente ou irrigação, recomenda-se a aplicação em cobertura de fosfatado natural reativo, sem incorporação, definindo-se a dose em face do teor

de P presente no solo e da fase inicial de crescimento da forrageira.

Na “nutrição mínima para a regeneração de pastagem”, considera-se que o N seria suprido principalmente pela água da chuva e por alguma mineralização de matéria orgânica existente. Dessa forma, o intervalo de tempo necessário à vedação da área pode ser maior do que o estipulado por Dias Filho (2017) (30 dias). Por outro lado, é fundamental que haja um nível adequado de pastejo para que se promova a cobertura total da área, pois ele estimula o perfilhamento da forrageira, que é, em última instância, o responsável pelo recobrimento vegetal, sendo mais importante do que a ressemeadura natural (Moreira et al., 2009).

A aplicação do calcário e do adubo fosfato não requer tanto cuidado em relação à umidade do solo e à quantidade de chuva ou irrigação, como a de N na forma de ureia. Calcário e adubo fosfatado necessitam de água para reagirem no solo e para que os nutrientes disponibilizados sejam absorvidos pelas plantas, como qualquer corretivo ou adubo, mas suas perdas do sistema não estão ligadas a pequenos volumes de água como as do N.

As perdas por volatilização de amônia, proveniente da ureia, podem ser enormes, caso não ocorra uma chuva de no mínimo 20 mm até 24 horas após sua aplicação, uma vez que o orvalho pode iniciar o processo de hidrólise da ureia e formação de amônia, mas não tem volume suficiente para incorporar o fertilizante ao solo. Ao se aplicar calcário e adubo fosfatado, não há perdas caso não ocorra chuva, ficando inertes no solo, reagindo após a ocorrência das primeiras precipitações, o que facilita a aplicação desses dois insumos e gera segurança à prática.

A incorporação de N ao sistema a partir da fixação do N₂ do ar por bactérias, a partir do plantio de leguminosas em consórcio com a pastagem, certamente iria proporcionar uma maior produtividade de massa vegetal. Contudo, isso pode aumentar o custo, seja pela aquisição de sementes ou pela maior necessidade de mão de obra. De qualquer forma, a semeadura de leguminosas a lanço, em áreas descobertas do terreno, seria excelente, mas deve ser considerado o fato da prática reduzir a possibilidade de utilização de herbicidas para controle de invasoras.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversas tecnologias e processos são utilizados com sucesso na regeneração de pastagens degradadas. Contudo, a grande maioria apresenta elevado custo e promove uma completa modificação nas práticas usuais realizadas pelos pecuaristas, o que acaba gerando uma baixa taxa de adoção. Dessa forma, o problema que, em tese, em experimentos ou em unidades práticas de validação e observação seria adequadamente resolvido, apresenta solução restrita a poucas áreas inscritas nos programas governamentais, isso enquanto há fomento.

A solução mais viável para a regeneração de pastagens deve ser eficiente, simples, econômica e de fácil adoção, pois já seria de domínio e faria parte da cultura dos pecuaristas. Nesse sentido, a “nutrição mínima para a regeneração de pastagens”, que propõe o fornecimento dos nutrientes mais responsivos a partir de fontes eficientes e economicamente viáveis, se mostra como uma tecnologia que deve ser adotada e incentivada, como forma de modificar o painel de degradação a médio prazo, no sentido de favorecer o desenvolvimento positivo da cadeia produtiva da bovinocultura capixaba.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

André Guarconi – Coordenador do projeto que gerou o conceito apresentado no trabalho, embasamento teórico e principal redator.

Lorena Vidaurre Ribeiro, Wescley Henrique Silva Marion, Anderson Geraldo Pagotto de Moura e Renan da Silva Fonseca – Discussão pessoal de pontos práticos, realização de correções no texto e participação no projeto que gerou o conceito apresentado no trabalho.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (Seag) pelo financiamento do projeto que gerou o conceito apresentado no trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ V. V. H. Correlação e calibração de métodos de análise de solos. In: ALVAREZ V., V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (ed.). *O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), 1996. p. 615–646.
- ANDRADE, C. M. S.; ABREU, A. Q.; ZANINETTI, R. A.; FARINATTI, L. H. E.; FERREIRA, A. S.; VALENTIM, J. F. *Plantio Direto a Lanço dos Capins Xaraés e Piatã no Acre*. Rio Branco: Embrapa, 2015. 13 p. (Comunicado Técnico, n. 188). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/136503/1/25833.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2023.
- ARNON, D. I.; STOUT, P. R. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. *Plant physiol.*, v. 14, n. 2, p. 371–375, 1939. DOI <https://doi.org/10.1104/pp.14.2.371>.
- BARRETO, P.; SARTORI, M.; DADALTO, G. G. *Levantamento de áreas agrícolas degradadas no estado do Espírito Santo*. Vitória: Cedragro/Seag, Documento Completo, 2012. p. 64. Disponível em: http://www.cedragro.org.br/artigos/20121101104240_areas_Degradas_Documento_Completo.pdf. Acesso em: 18 abr. 2020.
- BENETT, C. G. S.; BUZZETTI, S.; SILVA, K. S.; BERGAMASCHINE, A. F.; FABRICIO, J. A. Produtividade e composição bromatológica do capim Marandu a fontes e doses de nitrogênio. *Ciênc. agrotec.*, v. 32, n. 5, p. 1629–1636, 2008. DOI <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000500041>.
- BOHN, A.; BORTOLIN, G. S.; CASTELLANOS, C. I. S.; REIS, B. B.; SUÑÉ, A. S.; BONOW, J. F. L.; PEDROSO, C. E. S.; MITTELMANN, A. Nitrogen fertilization of self-seeding Italian ryegrass: effects on plant structure, forage and seed yield. *Ciência Rural*, v. 50, n. 6, 2020. DOI <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190510>.
- BONA, F. D.; MONTEIRO, F. A. Marandu palisadegrass growth under nitrogen and sulphur for replacing Signal grass in degraded tropical pasture. *Sci. Agric.*, v. 67, n. 5, p. 570–578, 2010. DOI <https://doi.org/10.1590/S0103-90162010000500011>.
- CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O.; CONTIN, T. L. M.; DIAS, F. L. F.; ROSSETTO, R.; MARCELINO, R.; COIMBRA, R. B.; QUAGGIO, J. A. Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. *Sci. Agric.*, v. 65, n. 4, p. 397–401, 2008. DOI <https://doi.org/10.1590/S0103-90162008000400011>.
- CANTARUTTI, R. B.; NOVAIS, R. F.; SANTOS, H. Q. Calagem e adubação fosfatada de pastagens – Mitos e verdades. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2004, Viçosa. *Anais* [...]. Viçosa: UFV, 2004. p. 01–23.
- CANTARUTTI, R. B.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, M. M.; FONSECA, D. M.; ARRUDA, M. L.; VILELA, H.; OLIVEIRA, F. T. T. Pastagens. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 332–341.



CHAGAS, A. P. A síntese da amônia: alguns aspectos históricos. **Quim. Nova**, v. 30, n. 1, p. 240–247, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/vZbtqYKWR7JgfW6sFw4qNhs/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 28 mar. 2023.

COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, V.; SILVA, G. P.; SEVERIANO, E. C. Produção de massa seca e nutrição nitrogenada de cultivares de *Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf sob doses de nitrogênio. **Ciênc. agrotec.**, v. 33, n. 6, p.1578–1585, 2009. DOI <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000600017>.

CUNHA, A. de M.; FEITOZA, H. N.; FEITOZA, L. R.; OLIVEIRA, F. S. de.; LANI, J. L.; CARDOSO, J. K. F.; TRINDADE, F. S. Atualização da legenda do mapa de reconhecimento de solos do Estado do Espírito Santo e implementação de interface no GEOBASES para uso dos dados em SIG. **Geografafres**, [S. I.], n. 23, p. 32–66, dez. 2016. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/123456789/3240/1/12356-42667-1-PB.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2020.

DECHEN, A. R.; NACHTINGALL, G. R. Elementos essenciais e benéficos às plantas superiores. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: SBCS, 2006. p. 01–06.

DIAS FILHO, M. B. **Degradção de pastagens**: o que é e como evitar. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 19 p. (Publicação Digitalizada). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1070416/degradacao-de-pastagens-o-que-e-e-como-evitar>. Acesso em: 29 mar. 2023.

GALEANO, E. V.; VANDERMAS, D. O Valor Bruto da agropecuária no estado do Espírito Santo. **M-SR: Multi-Science Research**, v. 4, n. 2, p. 06–16, 2021. DOI [http://doi.org/10.47621/M-SR.2021.v4.n.2.16.053](https://doi.org/10.47621/M-SR.2021.v4.n.2.16.053).

GUARÇONI, A.; FAVARATO, L. F.; STIPP, S. R.; CASARIN, V. Manejo da fertilidade do solo para uma produção agropecuária mais sustentável. **Incaper em Revista**, Vitória, v. 10, p. 22–42, jan./dez. 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/338177958.Soil_fertility_management_for_sustainable_agricultural_production_Manejo_da_fertilidade_do_solo_para_uma_producao_agropecuaria_mais_sustentavel. Acesso em: 15 abr. 2020.

GUSS, A.; SALGADO, J. S.; CANI, P. C. Forrageiras. In: PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo** (5^a Aproximação). Vitória, ES: SEEA/Incaper/Cedrago, 2007. p. 213–219.

HENRIQUES, R. H. **Aporte atmosférico de nitrogênio inorgânico e orgânico nas proximidades de Maceió (AL)** – potencial impacto da atividade canavieira. 2009. Dissertação (Mestrado em Geoquímica Ambiental) – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2009. 80f. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/3777>. Acesso em: 14 mar. 2023.

INCAPER. **Pecuária**. Vitória, 2020. Disponível em: <https://incaper.es.gov.br/pecuaria>. Acesso em: 20 mar. 2020.

KOBAL, R.; TOREZAN SILINGARDI, H. M.; CARDOSO, A. A. Gases ácidos na atmosfera: fontes, transporte, deposição e suas consequências para o ambiente. **Quím. nova esc.**, v. 42, n. 4, p. 382–385, 2020. DOI [http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160222](https://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160222).

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2^a ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 216 p.

MACEDO, M. C. M.; ARAÚJO, A. R. Sistemas de produção em integração: alternativa para recuperação de pastagens degradadas. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. (ed.). **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 295–317. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/202698/1/Sistemas-de-producao-em-integracao.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2023.

MEGDA, M. M.; MONTEIRO, F. A. Nitrogen and potassium supply and the morphogenic and productive characteristics of marandu palisadegrass. **R. Bras. Zootec.**, v. 39, n. 8, p. 1666–1675, 2010. DOI <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000800007>.

MINUZZI, R. B. Relâmpagos e o nitrogênio na agricultura. **Agropec. Catarin.**, v. 20, n. 2, p. 6, 2007. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/RAC/issue/download/123/233#:~:text=e%20o%20nitrog%C3%A3o,AAnio-,na%20agricultura,oxig%C3%A3oAAnio%20dentro%20do%20seu%20canal>. Acesso em: 28 mar. 2023.

MÖLLER, M. R. F.; HÖLCHER, D. Entrada de nutrientes no solo pela água da chuva e contribuição no processo da fitomassa aérea de capoeiras de diferentes idades. In: PÉFAUR, J. E. (ed.). **Ecologia Latinoamericana**. Mérida: CDCHT, 2000. p. 87–92. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/101864/1/5363.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2023.

MOREIRA, L. M.; MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M.; MISTURA, C.; MORAIS, R. V.; RIBEIRO JÚNIOR, J. I. Perfilhamento, acúmulo de forragem e composição bromatológica do capim-braquiária adubado com nitrogênio. **R. Bras. Zootec.**, v. 38, n. 9, p. 1675–1684, 2009. DOI <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000900006>.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399 p.

PERAZZOLI, M.; KUNZE, M. A. B. Gestão ambiental aplicada em uma propriedade rural com atividade de bovinocultura de corte. **R. gest. sust. ambient.**, v. 7, n. 4, p. 704–717, 2018. DOI <https://doi.org/10.19177/rgsa.v7e42018704-717>.

PIRES, F. R.; CATEN, A.; GUARÇONI, A.; ESPOSTI, M. D. D. Levantamento da fertilidade nas principais unidades de mapeamento do Espírito Santo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n. 2, p. 115–123, 2003. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/434/1/2003-Levantamento-da-fertilidade-nas-principais-unidades-de-mapeamento-do-ES-ANDRE-GUARCONI.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2023.

PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI, A. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar**. 1^a ed. Vitória, ES: DCM/Incaper, 2013. 104 p.

RAIJ, B. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba, SP: IPNI/Brasil, 2011. 420 p.

REIS, A. F. B.; ALMEIDA, R. E. M.; CHAGAS JÚNIOR, A. F.; NASCENTE, A. S. Effect of cover crops on soil attributes, plant nutrition, and irrigated tropical rice yield. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 4, p. 837–846, 2017. DOI <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n403rc>.



SANTOS, I. P. A.; PINTO, J. C.; SIQUEIRA, J. O.; MORAIS, A. R.; SANTOS, C. L. Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoi* consorciados. *Rev. Bras. Zootecn.*, v. 31, n. 2, p. 605-616, 2002. DOI <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000300010>.

SILVA, G. L. S.; CARNEIRO, M. S. S.; CÂNDIDO, M. J. D.; FURTADO, F. M. V. F.; SANTOS, F. J. S.; SILVA, M. S.; COSTA, N. L.; MAGALHÃES, J. A. Algumas considerações sobre as exigências nutricionais das gramíneas forrageiras tropicais. *PUBVET*, Londrina, v. 8, n. 11, ed. 260, art. 1724, 2014. Disponível em: <https://www.pubvet.com.br/artigo/1266/algumas-consideracoes-sobre-as-exigencias-nutricionais-das-gramiacuteneas-forrageiras-tropicais>. Acesso em: 15 abr. 2020.

SOUZA FILHO, A. P. S.; VELOSO, C. A. C.; GAMA, J. R. N. Capacidade de absorção de nutrientes do Capim-Marandu (*Brachiaria brizantha*) e da planta daninha Malva (*Urena lobata*) em função do pH. *Planta Daninha*, v. 18, n. 3, p. 443-450, 2000. DOI <https://doi.org/10.1590/S0100-8358200000300008>.

SOUZA, F. M.; LEMOS, B. J. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. C.; MAGNABOSCO, C. U.; CASTRO, L. M.; LOPEZ, F. B.; BRUNES, L. C. Introdução de leguminosas forrageiras, calagem e fosfatagem em pastagem degradada de *Brachiaria brizantha*. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.*, v. 17, n. 3, p. 355-364, 2016. DOI <https://doi.org/10.1590/S1519-99402016000300003>.

SOUZA, G. S.; THIENGO, C. C.; SILVA, M. W.; DAN, M. L. Sistemas silvipastoris e preparo do solo na renovação de pastagens degradadas no Espírito Santo. In: GONÇALVES, F. G.; CALDEIRA, M. V. W.; SILVA, G. F.; SOUZA, G. S. (org.). *Sistemas integrados de produção: pesquisa e desenvolvimento de tecnologias*. Guarujá, SP: Editora Científica Digital, 2021. p. 253-278. DOI <https://dx.doi.org/10.37885/210705209>.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

TEIXEIRA, S. O.; TEIXEIRA, R. O.; SANTOS, V. B.; CARVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O. M. Doses de fósforo e nitrogênio na produção de *Brachiaria hibrida* cv. Mulato II. *Rev. Ceres*, v. 65, n.1, p. 028-034, 2018. DOI <https://doi.org/10.1590/0034-737X201865010005>.

VAN OUDENHOVEN, A. P. E.; VEERKAMP, C. J.; ALKEMADE, R.; LEEMANS, R. Effects of different management regimes on soil erosion and surface runoff in semi-arid to sub-humid rangelands. *Journal of Arid Environments*, v. 121, n. 10, p. 100-111, 2015. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.05.015>.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Recife, 2006. 449 p. Versão Digital 2. Disponível em: https://icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf. Acesso em: 13 mar. 2023.

VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G.; MACEDO, M. C. M. **Calagem e adubação para pastagens na região do cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa, 1998. 16 p. (Circular Técnica nº 37). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/72180/1/cirtec-37.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2023.

VOLPE, E.; MARCHETTI, M. E.; MACEDO, M. C. M.; ROSA JUNIOR, E. J. Renovação de pastagem degradada com calagem, adubação e leguminosa consorciada em Neossolo Quartzarênico. *Acta Sci. Agron.*, v. 30, n. 1, p. 131-138, 2008. DOI <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v30i1.1162>.

Zagoto, V. ES registra mais de 16 mil raios e tem a maior incidência do país. *A Gazeta*, Vitória, 24 jan. 2023. Disponível em: <https://www.agazeta.com.br/clima/es-registra-mais-de-16-mil-raios-e-tem-a-maior-incidencia-do-pais-0123>. Acesso em: 31 mar. 2023.

