

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**  
**CÂMPUS DE JABOTICABAL**

QUALIDADE DO SOLO PARA A CULTURA DO MILHO

MATHEUS VOLTARELLI PROVIDELLO

Orientadora: Profa. Dra. Carolina Fernandes

Trabalho apresentado à Faculdade  
de Ciências Agrárias e Veterinárias -  
UNESP, Câmpus de Jaboticabal,  
para graduação em ENGENHARIA  
AGRONÔMICA.

Jaboticabal – SP  
2º Semestre/2020

P969q	<p>Providello, Matheus Voltarelli</p> <p>Qualidade do solo para a cultura do milho / Matheus Voltarelli Providello. -- Jaboticabal, 2022 33 p.</p> <p>Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientadora: Carolina Fernandes</p> <p>1. Milho. 2. Qualidade do solo. 3. Solos e manejo. I. Título.</p>
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp.  
Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias,  
Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

unesp



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
CÂMPUS DE JABOTICABAL

DEPARTAMENTO: Ciências da Produção Agrícola

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO TRABALHO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

TÍTULO: Qualidade do solo para a cultura do milho


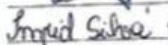

ACADÊMICO: Matheus Voltarelli Providello

CURSO: Engenharia Agrônoma

ORIENTADOR (ES): Profa. Dra. Carolina Fernandes


Aprovado e corrigido de acordo com as sugestões da Banca Examinadora

### BANCA EXAMINADORA:

	(Nomes)	(Assinaturas)
Presidente	Dra. Carolina Fernandes	
Membro	Dra. Luciana Cristina Souza Merlino	
Membro	M. Sc. Ingrid Silva Setubal	

Jaboticabal 18 / 08 / 2022

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 18 / 08 / 2022 "Ad referendum"

  
Chefe do Departamento  
Prof. Dr. Leonardo Bianco de Carvalho  
Chefe do Depto. de Ciências da Produção Agrícola  
FCAV/UNESP

## ÍNDICE

RESUMO.....	V
SUMMARY.....	VI
1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Importância da cultura do milho .....	1
1.2 Utilização do grão .....	2
1.3 Importância da qualidade do solo .....	3
2 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO .....	5
2.1 Textura.....	5
2.2 Agregação .....	6
2.3 Porosidade.....	8
2.4 Resistência do solo à penetração .....	9
3 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO .....	11
3.1 Potencial hidrogeniônico.....	11
3.2 Capacidade de troca catiônica.....	12
3.3 Adubação.....	14
4 ATRIBUTOS BIOLÓGICOS DO SOLO.....	17
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	21
REFERÊNCIAS.....	23

## QUALIDADE DO SOLO PARA A CULTURA DO MILHO

**RESUMO** - O milho (*Zea mays*), pertencente à família Poaceae e gênero *Zea*, é originário do continente americano e difundiu-se rapidamente para os países no mundo. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, com produção total de 115.223,1 mil toneladas e área plantada de 21.661,2 mil hectares. Sua utilização é destinada principalmente para alimentação humana, em natura, óleo, fubá e seus subprodutos, além de ter papel fundamental na alimentação animal como insumo na produção de concentrados para a alimentação de suínos, bovinos e aves. O uso de técnicas e manejo adequado é uma das estratégias fundamentais para se obter as melhores produtividades na cultura e manter o sistema de cultivo sustentável. Por esse motivo, essa revisão de literatura abordou os atributos físicos, químicos e biológicos do solo para a cultura do milho, de modo que as informações obtidas orientem o manejo mais adequado em cada situação. Os atributos físicos abordados foram: textura, agregação, porosidade e resistência do solo à penetração. Os atributos químicos abordados foram: potencial hidrogeniônico (pH), capacidade de troca catiônica e adubação de nitrogênio, fósforo e potássio. Os atributos biológicos abordados foram: biomassa microbiana, respiração e atividade enzimática. Desse modo, demonstra-se a importância de levar em consideração os atributos físicos, químicos e biológicos para realização do manejo adequado do solo, em diferentes situações de campo, com base na sustentabilidade agrícola.

Palavras chave: *Zea mays*. Atributos físicos. Atributos químicos. Atributos biológicos. Manejo do solo

## SOIL QUALITY FOR CORN CROPS

**SUMMARY** - The corn (*Zea mays*) belongs to the Poaceae family and to the Zea gender, it is from american continent and spread quickly to countries around the world. Brazil is the third top corn producer in the world, with a total production of 115.223,1 thousand tons and a cultivated area of 21.661,2 thousand hectares. Your use it is intended to human food, in nature, oil, corn meal and your subproducts besides a crucial role in animal feed and as an input in the production of concentrated for the feeding of swine, cattle and poultry. The use of adequate techniques and management is one of the fundamental strategies to obtain the best crop yields and maintain a balanced cultivation system. For this reason, this literature review addressed the physical, chemical, and biological attributes of the soil for corn crops, so that the information obtained can guide the most appropriate management in each situation. The physical attributes of interest are: texture, aggregation, porosity and soil resistance to penetration. The prominent chemical attributes are: hydrogen potential (pH), organic carbon, effective cation exchange capacity, nitrogen, and electrical conductivity. The biological attributes of interest are: microbial biomass, microbial respiration, and soil enzyme activities. Thus, the study confirmed the importance of adequate management in different field situations, always considering the physical, chemical and biological attributes of the soil. So this study demonstrated the importance of take into account the physical, chemical and biological attributes for the adequate management of the soil, in different field situations, based on agricultural sustainability.

Key-words: Physical attributes. Chemical attributes. Biological attributes. Soil management.

## **1 INTRODUÇÃO**

### **1.1 Importância da cultura do milho**

O milho (*Zea mays*), pertencente à família Poaceae e gênero *Zea*, é uma das plantas de maior importância comercial originária do continente americano, sendo também, umas das culturas mais antigas de todo o mundo. Escavações arqueológicas e geológicas evidenciam seu cultivo há, pelo menos, cinco mil anos (DUARTE; MATTOSO; GARCIA, 2021).

De acordo com Cruz *et al.* (2011), o processo de domesticação da cultura iniciou-se com os nativos do México, por meio de um longo período de seleção das cultivares com melhores características. Os autores destacam que esse processo de seleção natural e domesticação foi fator determinante para dar à cultura do milho a importância que ela carrega atualmente. Antes a planta apresentava características básicas de uma gramínea como baixo porte, caule oco e folhas pequenas e tornou-se uma planta anual, com caule sólido robusto e ereto com aproximadamente 4 metros de altura, folhas grandes e espaçadas alternadamente em lados opostos.

Com a chegada de povos europeus à América durante o período das grandes navegações, a cultura do milho expandiu-se rapidamente para outras regiões, sendo introduzida na Europa por Cristóvão Colombo e utilizado como fonte de alimento para animais e para a população mais humilde (APROSOJA, 2022).

Atualmente, o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, com produção total de 115.223,1 mil toneladas e área plantada de 21.661,2 mil hectares, resultando numa produtividade média de 5.319 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2022). Na safra 2021/2022, a produção de milho apresentou aumento de 32,3% em relação à safra anterior, enquanto que a área plantada teve aumento de 8,6% (CONAB, 2022).

Segundo Artuzo *et al.* (2022), no Brasil o milho tem sido cultivado em diferentes condições ambientais, desde as regiões mais quentes até as mais frias, com baixas altitudes e latitudes, proporcionando diferentes potências de produtividade. O cultivo brasileiro divide-se em primeira e segunda safra, se tornando um diferencial comparado a outros países. Em relação à produção, o milho ocupa a segunda posição nacional, ficando apenas atrás da soja.

## **1.2 Utilização do grão**

O milho é uma das principais culturas do sistema de produção agrícola, podendo ser cultivado tanto na safra quanto na segunda safra e desempenha importante papel na sustentabilidade do sistema de produção, servindo como cultura de rotação e fonte de palhada para a cobertura de solo (SANTOS, 2021). Sua aplicabilidade técnica é fundamental no sistema de rotação de culturas

(milho/soja), podendo ser cultivado em vários perfis de propriedades (pequenas, médias e grandes), sendo principalmente utilizado para produção de grãos e silagem. No caso da silagem, em razão das suas características de alto rendimento de massa verde por hectare, da relativa facilidade de fermentação em silos, da boa aceitação na alimentação animal (GOMES *et al.*, 2002) e da alta qualidade nutricional. Sob outra perspectiva, o milho pode ser considerado um dos produtos mais importantes da alimentação humana, seja pela sua utilização direta como milho verde em natura, óleos, fubá e seus subprodutos, e também na forma indireta como insumo fundamental na produção de concentrados para a alimentação de suínos, bovinos e aves.

### **1.3 Importância da qualidade do solo**

Segundo Gomes (2015), a qualidade do solo é uma característica abstrata, que está associada não só aos seus fatores intrínsecos, mas também aos fatores externos como as práticas de manejo e uso, às interações com o ecossistema e às interações políticas e socio econômicas. Dessa forma, um solo com boa qualidade dependerá das prioridades já previamente estabelecidas levando em consideração a sua funcionalidade múltipla, apresentando dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, a capacidade de manter a produtividade, a biodiversidade vegetal e animal e melhorar a qualidade do ar, da água e da saúde humana (GOMES, 2015).

Pouco ou nada pode ser feito para que as características intrínsecas do solo como textura, profundidade entre outras possam ser melhoradas. Entretanto, o manejo do solo possui forte influência sobre os processos relacionados aos atributos físicos, químicos e biológicos do solo que são

utilizados para avaliar sua qualidade (ABREU, 2019). Outro fator associado a qualidade é a capacidade do solo produzir na mesma eficiência em longo período de tempo. Nesse contexto, o autor cita o teor de matéria orgânica, que se mantendo elevado por longo período promove o aumento da fertilidade, da capacidade de retenção de água e de nutrientes.

Para Vezzani e Mielniczuk (2009), o conceito de qualidade de solo está intimamente ligado à sustentabilidade agrícola, que consiste na produção de alimentos e fibras em um solo capaz de desempenhar suas funções, preservar essas funções para o futuro, em um processo ambientalmente seguro que seja socialmente aceito e economicamente viável.

## **2 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO**

Segundo Tormena (2009), os atributos físicos do solo que afetam não só a cultura do milho, mas também o desenvolvimento de outras culturas são aqueles relacionados à infiltração e retenção de água no solo, ao armazenamento de oxigênio e à resistência do solo à penetração das raízes. Esses atributos físicos estão diretamente ligados à condição estrutural e ao teor de água no solo, e conseqüentemente sujeitos às modificações positivas e negativas sobre a produtividade das culturas.

### **2.1 Textura**

Segundo Wang, Otsubo e Ichinose (2005), a textura do solo é indicador fundamental para qualidade e produtividade de determinado solo, visto que influencia diretamente na adesão e coesão das partículas, que por consequência, influencia na dinâmica da água, bem como na resistência do solo à tração e também no seu manejo. A textura também está diretamente ligada a fatores ambientais, pois influencia nos processos ecológicos como a ciclagem de nutrientes (HE *et al.*, 2014).

Kappes, Arf e Andrade (2013), no município de Selvíria (MS), obtiveram produtividade para a cultura do milho, sob Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso em sistema de plantio convencional, de 7.538 kg ha<sup>-1</sup>, utilizando o híbrido de milho DKB 350 YG. Em contrapartida, Fernandes *et al.* (2017), no município de Lagoa Seca (PB), também sob sistema de plantio convencional e utilizando o híbrido AG 1051, obtiveram produtividade de 4.438 kg ha<sup>-1</sup>, porém em Neossolo Regolítico de textura arenosa, indicando que a textura pode ter influenciado na produtividade da cultura, assim como outros fatores como clima, manejo e a cultivar utilizada.

De acordo com Centeno *et al.* (2017), a produtividade do solo está totalmente ligada com a sua textura, entretanto essa relação envolve outras características, bem como a cultura empregada e suas necessidades, além de uma gestão adequada do uso e manejo do solo.

## **2.2 Agregação**

Os agregados do solo são unidades compostas por partículas orgânicas e minerais (areia, silte e argila) formadas a partir da interação da atividade microbiana, de exsudatos de raízes e matéria orgânica presentes no solo (KEMPER; ROSENAU, 1986), sendo que a estabilidade destes agregados pode atribuir importante papel para avaliação dos diversos usos de solo (SÁ *et al.*, 2000).

Segundo Salton *et al.* (2008), o aumento da estabilidade de agregados proporciona melhora na estruturação do solo com mais espaços porosos e,

consequentemente, melhora do desenvolvimento de raízes, da fauna do solo e da circulação de água e ar.

Em estudo conduzido por Borges *et al.* (2016), avaliaram-se os efeitos de diferentes plantas de coberturas sobre a estabilidade de agregados do solo em duas áreas de Latossolos, um Latossolo Vermelho eutrófico de textura arenosa localizado em Votuporanga (SP) e um Latossolo Vermelho distroférico típico de textura argilosa localizado em Selvínia (MS), ambas cultivadas em sistema de rotação de soja e milho. Como critério de avaliação, foi utilizado o diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) e a partir dos resultados foi constatado que todas as coberturas utilizadas favoreceram o aumento do DMP nas camadas dos solos avaliadas, comprovando assim, melhora na estabilidade dos agregados. Em Votuporanga-SP, na camada 0,20 - 0,40 m, no início do experimento foi observado valor de 7,10% para classe de agregados de 4,0 - 2,0 mm e DMP de 0,66 mm; após a cobertura de *Sorghum sudanense* (12 kg ha<sup>-1</sup> de sementes), esta porcentagem de agregados passou para 9,03% e o DMP passou para 1,21 mm, resultando em incrementos, respectivamente, de 1,93% e 0,55 mm. No caso do Latossolo de Selvínia, também na camada 0,20 - 0,40 m, o solo apresentava valor de 10,99% na classe de agregados de 2,0 - 1,0 mm e DMP de 1,21 mm e, após a cobertura com *Pennisetum americanum* (10 kg ha<sup>-1</sup> de sementes), a porcentagem de agregados passou para 17,95% enquanto que o valor de DMP passou para 1,93 mm, resultando em incrementos de 5,33% e 0,72 mm, respectivamente.

### 2.3 Porosidade

Segundo Pereira *et al.* (2013), a porosidade é o espaço do solo não ocupado por partículas sólidas, que são preenchidos por água e ar e executa importante papel no comportamento físico-hídrico, nos processos de infiltração, condução e retenção de água, aeração e também na penetração de raízes.

Bergamin *et al.* (2010) avaliaram a influência da compactação do solo sobre a densidade, porosidade, resistência do solo à penetração, estabilidade de agregados nas camadas 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,15; 0,15-0,20 m e seus efeitos sobre o desenvolvimento radicular na cultura do milho. O experimento foi realizado em um Latossolo Vermelho distroférico muito argiloso, sob sistema de plantio direto localizado no município de Dourados (MS). Os tratamentos avaliados foram compostos por cinco estados induzidos de compactação (sem compactação adicional, 1 passada, 2 passadas, 4 passadas e 6 passadas) utilizando um trator 4x4 TDA de 5 Mg. Os autores observaram que, a partir de duas passadas do trator, houve redução nos valores de porosidade total e macroporosidade, e aumento da densidade até 0,10 m de profundidade, enquanto que, em relação a microporosidade, não foram observadas alterações em nenhum dos tratamentos. Com relação ao desenvolvimento radicular, os autores destacaram que a compactação do solo reduziu o desenvolvimento radicular na cultura do milho em todas as camadas avaliadas, sendo o fator macroporosidade o indicador melhor relacionado para avaliação do comprimento e superfície radicular.

Diante do exposto, nota-se que o manejo do solo tem influência direta na sua estrutura, podendo influenciar de forma positiva ou negativa a agregação e a disponibilidade de nutrientes no solo (SANTOS *et al.*, 2011).

#### **2.4 Resistência do solo à penetração**

Segundo Andrade, Stone, Godoy (2013), os atributos do solo relacionados com o estado de compactação do solo são a resistência à penetração, a porosidade e a densidade. A compactação pode dificultar o desenvolvimento das raízes, conseqüentemente, ocasionar diminuição da produtividade e a longo prazo a degradação do solo. Estes autores também afirmam que a diminuição da produtividade e degradação do solo devem ser monitoradas e corrigidas para níveis aceitáveis, sobretudo quando os valores obtidos forem críticos.

Deperon Junior *et al.* (2016) avaliaram o desempenho do híbrido de milho DKB390PRO em sistema de plantio convencional em diferentes níveis de compactação do solo, sob a utilização de diferentes tipos de implementos de preparo de solo em um Argissolo Amarelo distrófico típico, de textura arenosa localizado em Petrolina (PE). Os autores avaliaram os atributos densidade, porosidade total e resistência do solo à penetração, nas camadas 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m. Quanto à cultura, foram avaliados produtividade dos grãos e teor de matéria seca das plantas e raízes. Os tratamentos utilizados foram constituídos por três tipos de implementos de preparo de solo (grade aradora, arado de aivecas e escarificador) e quatro níveis de compactação (solo não trafegado, 3 passadas, 6 passadas e 9 passadas de trator). Os implementos de preparo de solo afetaram a densidade do solo na camada 0,00-0,10 m, sendo que o arado gerou o maior valor de densidade (1,76

Mg m<sup>-3</sup>), enquanto a grade proporcionou o menor valor (1,69 Mg m<sup>-3</sup>). Os níveis de compactação promoveram aumento da resistência à penetração até 0,30 m de profundidade. Valores da resistência à penetração acima de 1,53 MPa fizeram com que a produtividade de grãos de milho e a matéria seca de plantas reduzisse linearmente. Já valores acima de 2,18 MPa demonstraram também a redução do teor de matéria seca das raízes.

De acordo com Stone, Guimarães e Moreira (2002), o adensamento do solo pode atribuir efeitos benéficos, como melhoria do contato entre solo e semente além de aumentar a disponibilidade de água em períodos longos de seca. Porém, altos níveis de compactação podem comprometer a infiltração de água, realização de trocas gasosas, desenvolvimento de raízes e, conseqüentemente, diminuir a produtividade, além de aumentar o potencial erosivo.

### **3 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO**

As informações sobre os atributos químicos do solo possibilitam compreender a dinâmica de liberação de nutrientes para as plantas, adequar as recomendações de adubação de modo a aumentar a produtividade da cultura, além de permitir a detecção de elementos em excesso, que podem ter efeito prejudicial tanto à planta quanto ao solo (SANTOS, 2010).

#### **3.1 Potencial hidrogeniônico**

Segundo Brasil, Nascimento e Sobrinho (2009), a neutralização da acidez do solo é de suma importância para o apropriado desenvolvimento da cultura do milho, apesar de já terem sido desenvolvidos materiais genéticos tolerantes a determinados níveis de acidez. Os produtos mais utilizados na agricultura para correção da acidez do solo são os calcários, em razão do seu custo relativamente baixo e alta efetividade.

Caires *et al.* (2002) avaliaram os efeitos do calcário sobre o pH do solo e seus reflexos sobre a cultura do milho em aplicação superficial no sistema de plantio direto em um Latossolo Vermelho distrófico textura média, localizado em Ponta Grossa (PR). Os tratamentos foram quatro doses do antigo calcário

dolomítico (teor de Mg maior de 5%) em superfície (0, 2, 4, e 6 t ha<sup>-1</sup>) em julho de 1993 e foram reaplicadas em superfície duas doses do calcário (0 e 3 t ha<sup>-1</sup>) em junho de 2000. Após os 92 meses, foram coletadas amostras de solo em diferentes camadas (0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m) e foram observados aumentos significativos dos valores de pH nas cinco camadas avaliadas independente da dose aplicada. Em contrapartida, a reaplicação de calcário, após nove meses, proporcionou aumento do valor de pH apenas até 0,20 m. Notou-se também que a reação do calcário reaplicado foi mais rápida em condições de solo com maior acidez. Os autores concluíram que a calagem em superfície sob sistema de plantio direto apresenta alta eficiência na correção da acidez em camadas superficiais (0-0,20 m) e do subsolo (0,20-0,60 m) apresentando reação mais rápida em condições de maior acidez.

### **3.2 Capacidade de troca catiônica**

Segundo Ronquim (2010), a superfície carregada presente nas argilas coloidais, nos sesquióxidos de ferro e nas substâncias húmicas, faz com que íons e moléculas polarizadas presentes no solo sejam atraídos e ligados de forma reversível a esses componentes. Esta superfície de troca presente nesses componentes é responsável pela capacidade de troca catiônica (CTC), principalmente em solos sob condições de clima tropical. Em tese, a CTC de um solo, húmus ou argila representa o total de cátions retidos à superfície destes coloides em condição permutável, ou seja, representa a capacidade de liberação de vários nutrientes, beneficiando a manutenção da fertilidade e reduzindo possíveis efeitos tóxicos da aplicação de fertilizantes.

A CTC pode ser considerada importante indicador do potencial produtivo de determinado solo, pois, se sua maior parte estiver ocupada por cátions potencialmente tóxicos como  $H^+$  e  $Al^{3+}$  ao invés de cátions essenciais como  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  e  $K^+$  pode-se considerar o solo com baixo potencial produtivo (RONQUIM, 2010). Da mesma forma, um valor baixo de CTC indica que o solo tem baixa capacidade de retenção de cátions em forma trocável, não sendo recomendado adubações e calagens em grandes quantidades de uma só vez, mas sim de forma parcelada para evitar perdas por lixiviação (RONQUIM, 2010).

Zandoná *et al.* (2015) avaliaram a influência da aplicação de gesso agrícola e calcário na produtividade de milho e nos atributos químicos do solo, dentre eles a CTC, sob sistema de plantio direto em Latossolo Vermelho distrófico típico. Foram aplicadas seis doses de gesso agrícola a lanço (0; 0,5; 1; 2; 4 e 8 t ha<sup>-1</sup>), com aplicação de uma dose fixa de 2 t ha<sup>-1</sup> de calcário também a lanço. Os autores observaram que a aplicação de gesso agrícola e calcário promoveu aumento significativo da CTC do solo na camada 0-0,10 m e incremento de 9,3% na produtividade de grãos de milho. Também foi possível observar maior resposta até a dose de 2 t ha<sup>-1</sup> de gesso, visto que este promoveu melhorias nos atributos químicos do solo como incremento dos teores de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  e decréscimo da saturação por  $Al^{3+}$  na camada subsuperficial. O aumento da CTC também proporcionou aos coloides maior capacidade de retenção de cátions como  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $K^+$ , influenciando diretamente no desenvolvimento de raízes e, conseqüentemente, na produtividade da cultura.

### 3.3 Adubação

A utilização de fertilizantes químicos na cultura do milho tornou-se ferramenta eficiente e indispensável para o aumento expressivo da produtividade da cultura (GALVÃO *et al.*, 2014). Dentre os nutrientes mais utilizados nas adubações estão o nitrogênio, o fósforo e o potássio (NPK) (Valderrama *et al.*, 2011), sendo que as principais adubações são realizadas, geralmente, durante a semeadura e em cobertura durante a fase vegetativa da cultura.

Dentre os nutrientes exigidos em maior quantidade pelas plantas em geral, está o nitrogênio (N), sendo este essencial no cultivo do milho, pois está diretamente relacionado a produção (BASTOS *et al.*, 2008). Além do nitrogênio, o potássio possui papel fundamental na massa individual dos grãos e número de grãos por espiga (VALDERRAMA *et al.*, 2011). Contudo, sua aplicação em deficiência pode levar ao esgotamento das reservas do solo, e em excesso, pode acentuar perdas por lixiviação mesmo em solos com alta capacidade de troca catiônica (ERNANI; BAYER; ALMEIDA, 2007). Segundo Martin *et al.* (2011), o fósforo também possui influência direta na produção dos grãos de milho, visto que 89% do total absorvido pela cultura é removido via grãos. Entretanto, a ausência de fósforo pode comprometer a absorção de nitrogênio, prejudicando assim a produtividade (SILVA *et al.*, 2009).

Em trabalho conduzido por Gonçalves Junior *et al.* (2007), avaliou-se a influência da adubação com diferentes doses de NPK (nitrogênio, fósforo e potássio) sobre a produtividade da cultura do milho e outros componentes de produção (número de grãos e massa de 1000 grãos) em sistema de plantio convencional em dois tipos de solo, Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico e

Latossolo Vermelho eutrófico. Os tratamentos foram o uso, no sulco de plantio, de três doses de adubação; sem adubação, uma vez a dose recomendada (30-100-50 kg ha<sup>-1</sup>), e duas vezes a dose recomendada (60-200-100 kg ha<sup>-1</sup>), com base na análise do solo. Os autores observaram que adubação de NPK proporcionou aumentos significativos para todos os componentes avaliados em ambos os solos, sendo a dose 60-200-100 kg ha<sup>-1</sup> a que proporcionou os melhores resultados.

Diante do exposto, nota-se que o fornecimento de nitrogênio, fósforo e potássio é indispensável para cultura do milho, estando diretamente ligado ao desenvolvimento de espigas, e conseqüentemente, à produtividade (PELÁ *et al.*, 2010).

De acordo com Fiorini *et al.* (2016), o enxofre (S) apresenta grande importância no desenvolvimento da cultura do milho, pois está diretamente ligado à constituição proteica da planta, além de que o suprimento adequado de S proporciona melhores respostas da cultura a adubação com outros nutrientes, garantindo altos patamares de produtividade. O equilíbrio entre as concentrações de cálcio e magnésio também é fundamental no desenvolvimento da cultura, pois interferem na absorção de grande parte de outros nutrientes, sendo a calagem o processo mais usual para suprimento da deficiência destes elementos (SILVA, 1980).

Em relação aos micronutrientes, apesar de serem exigidos em baixas quantidades, o zinco é o mais limitante à produção da cultura do milho e o que apresenta maiores deficiências nos solos brasileiros (RITCHEY *et al.*, 1986),

apresentando reflexos sobre o crescimento das plantas e também na produção, necessitando ser suprida através da adubação via solo ou foliar (RIBEIRO; SANTOS, 1996).

#### **4 ATRIBUTOS BIOLÓGICOS DO SOLO**

De acordo com Cardoso *et al.* (2013), os atributos biológicos desempenham importante papel na manutenção das funções essenciais do solo que envolvem a ciclagem de carbono e nutrientes, além de serem os atributos mais rápidos e suscetíveis às respostas impostas pelas mudanças do ambiente. Dentre os principais indicadores biológicos, destacam-se a biomassa microbiana, a respiração e a atividade enzimática, pois apresentam alto potencial de uso na avaliação da qualidade do solo (ZATORRE, 2008).

Os microrganismos podem ser usados como medidores de processos relacionados ao manejo no solo e são considerados indicadores sensíveis devido à sua rápida capacidade de resposta às mudanças na qualidade do solo (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

Em trabalho conduzido por Correa *et al.* (2009), objetivou-se investigar a influência da atividade dos microrganismos, sobre a qualidade do solo sob diferentes manejos, em sistema plantio direto de milho orgânico e sistema convencional de milho. O experimento foi realizado no município de Coimbra (MG), sob Argissolo Vermelho-Amarelo, utilizando-se 6 tratamentos no plantio

do milho, sem adubação, adubação mineral de 150 kg ha<sup>-1</sup>, adubação mineral de 300 kg ha<sup>-1</sup>, adubação com composto orgânico de 40m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, adubação com composto orgânico de 40m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> consorciado com feijão-de-porco na linha de plantio na densidade de 3 plantas m<sup>-1</sup> e adubação com composto orgânico de 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> consorciado com feijão-de-porco na densidade de 6 plantas m<sup>-1</sup>. Os autores observaram que a maior atividade microbiológica ocorreu com a adubação com composto orgânico de 40m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> não consorciado com feijão-de-porco, fato atribuído ao alto teor de matéria orgânica no solo. Já a menor atividade microbiológica foi observada na testemunha, comprovando que os microrganismos podem ser utilizados como indicadores da qualidade do solo e desempenham papel fundamental na decomposição da matéria orgânica, na ciclagem de nutrientes e, conseqüentemente, na fertilização do solo.

Trannin, Siqueira e Moreira (2007) avaliaram durante dois anos consecutivos, os atributos biológicos do solo sob aplicação de um bio sólido residual de fibras e resinas PET (Polietileno Tereftalato) e adubação mineral no cultivo de milho, em sistema de plantio convencional, em um Cambissolo distrófico, localizado em Poços de Caldas (MG). Nos tratamentos, foram avaliadas doses do bio sólido (0, 6, 12, 18 e 24 t ha<sup>-1</sup>), comparado com adubação mineral e a uma área adjacente, sob pastagem (*Brachiaria sp.*) e sem cultivo durante os últimos 10 anos, usada como referência. Os resultados demonstraram que, mesmo após dois anos da aplicação dos tratamentos no cultivo do milho, o uso do bio sólido proporcionou efeito significativo sobre alguns atributos biológicos do solo. Os valores de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana superaram os obtidos no tratamento com adubação

mineral e os da área adjacente. As atividades das enzimas também aumentaram com as aplicações do bio sólido, além de que as maiores taxas de respiração basal foram com a aplicação de  $12 \text{ t ha}^{-1}$  do bio sólido. Portanto, os autores demonstraram que a aplicação de bio sólidos promoveu alterações na qualidade e na quantidade de matéria orgânica, refletindo positivamente na dinâmica da microbiota e dos atributos biológicos de qualidade do solo.

Em estudo realizado por Cabezas (2008), sob Argissolo de textura arenosa no município de Votuporanga (SP), objetivou-se avaliar a produtividade de milho e a atividade respiratória da biomassa microbiana, realizando-se a adubação nitrogenada da cultura, em duas condições de acúmulo de palha ( $5.120 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $3.648 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Para a adubação nitrogenada foi utilizado o sulfato de amônio, em doses de 70 e 40  $\text{kg ha}^{-1}$ , sendo aplicado em faixa superficial na entrelinha. Cada aplicação foi realizada em duas épocas, 59 e 45 dias antes da semeadura de milho, 21 e 6 dias antes da semeadura e 22 e 46 dias após a semeadura nos estágios respectivos V5 e V8, nas duas condições de acúmulo de palha. A partir dos resultados, os autores observaram efeitos positivos sobre a atividade respiratória do solo, porém não foram relacionados com a aplicação de N e ao acúmulo de cobertura morta, e sim, em função do aumento do teor de água no solo proporcionado por precipitações pluviais registradas nas épocas das aplicações. Com relação a produtividade, a média independente da época de aplicação de N, foi de  $5.762 \text{ kg ha}^{-1}$  no sistema com maior acúmulo de palha comparado com  $5.199 \text{ kg ha}^{-1}$  no sistema de menor acúmulo, demonstrando o possível favorecimento da produtividade devido a maior quantidade de palha.

Diante do exposto, concluiu-se que a atividade respiratória da biomassa microbiana não foi afetada pela aplicação de nitrogênio nas condições estudadas, tampouco pela quantidade de palha na superfície, mas sim pela condição de umidade presente no solo.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O estudo dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo foi realizado para demonstrar a influência de cada um sobre os diversos aspectos agronômicos da cultura do milho.

Entre os atributos físicos estudados, a textura está totalmente ligada à produtividade de determinado solo, entretanto essa relação envolve outros aspectos como a cultura empregada e suas necessidades, além do uso e manejo adequado do solo.

Em relação à agregação, evidenciou-se que o uso de plantas de cobertura proporciona o aumento da estabilidade de agregados e, conseqüentemente, a melhor estruturação do solo, favorecendo o desenvolvimento de raízes e a circulação de ar e água.

Evidenciou-se também que a compactação do solo influencia negativamente o desenvolvimento da cultura do milho, além de acarretar diminuição nos valores de porosidade total e macroporosidade, afetando a produtividade e aumentando o potencial erosivo.

Quanto aos atributos químicos, a aplicação de calcário altera o pH do solo e, conseqüentemente, é utilizado para neutralização da acidez, principalmente nas camadas mais superficiais, sendo que a mudança de pH nas camadas mais profundas ocorre de forma mais lenta. No que diz respeito a CTC, evidenciou-se que a aplicação de calcário influencia positivamente a CTC do solo, proporcionando maior retenção de cátions, maior desenvolvimento de raízes e aumento da produtividade.

Em relação a adubação, o fornecimento de nitrogênio, fósforo e potássio é fundamental para o milho e está diretamente relacionado ao desenvolvimento de espigas e, portanto, à produtividade.

Por último, os atributos biológicos são os atributos mais rápidos e sensíveis às mudanças do ambiente, podendo ser considerados fortes indicadores de qualidade de solo, sendo que o teor e a qualidade de matéria orgânica se demonstraram a melhor alternativa para potencialização deste atributo.

Diante do exposto, nota-se por meio desta revisão de literatura, a importância da avaliação dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo para a tomada de decisões, tanto em termos de manejo empregado quanto aos aspectos agronômicos, a fim de obter na cultura do milho a maior produtividade, de forma sustentável e não degradando o meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

ABREU, S. Discutindo: “A Qualidade do solo”. **Nutrição de safras**, [S. l.], p. 1-1, 7 ago. 2019. Disponível em: <https://nutricaodesafras.com.br/discutindo-a-qualidade-do-solo/>. Acesso em: 22 abr./mai. 2019.

ANDRADE R.S.; STONE L.F.; GODOY, S.G. Estimativa da resistência do solo à penetração baseada no índice S e no estresse efetivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 2013; 17: 932-937.

APROSOJA Matogrosso. **História do milho**. Cuiabá, s.d. Disponível em: <http://www.aprosoja.com.br/soja-e-milho/a-historia-do-milho>. Acesso em: 15 de jul. de 2022.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, Jul./Set. 2007.

ARTUZO, F.P.; FOGUESATTO, C.R.; MACHADO, J.A.D.; OLIVEIRA, L.; SOUZA, Â. R. L. O potencial produtivo brasileiro: uma análise histórica da produção de milho. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 12, p. 515-540, 27 jul. 2022.

BASTOS, E.A.; CARDOSO, M.J.; MELO, F. B.; RIBEIRO, V.Q.; JÚNIOR, A.S.A. Dose e formas de parcelamento de nitrogênio para a produção de milho sob plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.39, n. 02, p. 275-280, 2008.

BERGAMIN, A.C.; VITORINO, A.C.T.; FRANCHINI, J.C.; SOUZA, C.M.A.; SOUZA, F.R. Compactação em um latossolo vermelho distroférico e suas relações com o crescimento radicular do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.], v. 34, p. 681-691, 2010.

BORGES, W. L. B.; de SOUZA, I. M. D.; de SÁ, M. E.; ALVES, M. C. Estabilidade de agregados em Latossolos sob plantas de cobertura em rotação com soja e milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v. 11, n. 3, p. 156-162, ago. 2016.

BRASIL, E.C.; NASCIMENTO, E.V.S.; SOBRINHO, R.J.A. Produção de grãos de milho e atributos químicos de solo influenciados pela aplicação de escória de siderurgia em um Latossolo Amarelo distrófico. **CNPTIA Embrapa**, [S. l.], p. 1-5, 2009.

CABEZAS, W.A.R.L. Atividade microbiana do solo e produtividade do milho em função da aplicação antecipada de nitrogênio e adensamento de palha. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 899-910, 2008.

CAIRES, E.F; BARTH, G.; GARBUIO, F.J; KUSMAN, M.T. Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na

superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, [S. l.], v. 26, p. 1011-1022, 2002.

CARDOSO, E. J. B. N.; VASCONCELLOS, R. L. F.; BINI, D.; MIYAUCHI, M. Y. H.; SANTOS, C. A.; ALVES, P. R. L.; PAULA, A. M. DE; NAKATANI, A. S.; PEREIRA, J. M.; NOGUEIRA, M. A. Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health? **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 70, n. 4, p. 274-289, jul./ago. 2013.

CENTENO, L. N.; GUEVARA, M. D. F.; CECCONELLO, S. T.; SOUSA, R. O. D.; TIMM, L. C. Textura do solo: Conceito e aplicações em solos arenosos. **De Engenharia e Sustentabilidade**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 31-37, jul. 2017.

CONAB. **A produtividade do milho**: análise e perspectivas. Brasília, DF, jun. 2022. (Compendio de estudos Conab, v. 9, n. 9). Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/42837\\_526b4c0d6f83ae8e34bb846683666d92#:~:text=A%20%C3%A1rea%20plantada%2C%20na%20atual,1%2C7%20milh%C3%A3o%20de%20hectares](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/42837_526b4c0d6f83ae8e34bb846683666d92#:~:text=A%20%C3%A1rea%20plantada%2C%20na%20atual,1%2C7%20milh%C3%A3o%20de%20hectares). Acesso em: 02 ago. 2022

CORREA, M.L.P.; GALVÃO, J.C.C.; FONTANETTI, A.; MIRANDA, G.V.; SANTOS, M.M. Atividade microbiana enzimática (FDA) como indicador microbiológico da qualidade de solos em sistemas de plantio direto de milho orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Viçosa, v. 4, n. 2, p. 1451-1454, 1 nov. 2009.

CRUZ, J. C.; MAGALHÃES, P. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; MOREIRA, J. A. A. **Milho**: o produtor pergunta, a Embrapa responde Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.

DEPERON JÚNIOR, M.A.; NAGAHAMA, H.J.; OLSZEWSKI, N.; CORTEZ, J.W.; SOUZA, E.B. Influência de implementos de preparo e de Níveis de compactação sobre atributos físicos do solo e aspectos agronômicos da cultura do milho. **Journal of the Brazilian Association of Agricultural**, Jaboticabal, v. 36, n. 2, p. 367-376, mar./abr. 2016.

DUARTE, J. O; MATTOSO, M. J.; GARCIA, J. C. Importância socioeconômica. **Agencia Embrapa de Informação Tecnológica**, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/socioeconomia/importancia-socioeconomica>. Acesso em: 14 abr. 2022.

ERNANI, P. R.; BAYER, C.; ALMEIDA, J. A. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 393- 402, 2007.

FERNANDES, J.D.; CHAVES, L.H.G; FILHO, A.F.M; VASCONCELLOS, A.; SILVA, J.R.P. Crescimento e produtividade de milho sob influência de

parcelamento e doses de nitrogênio. **Revista Espacios**, [S. l.], v. 38, n. 08, p. 27-41, 2017.

FIORINI, I.V.A.; PINHO, R.G.V.; PIRES, L.P.M.; SANTOS, A.O.; FIORINI, F.V.A.; CANCELLIER, L.L.; RESENDE, E.L. Avaliação de fontes de enxofre e das formas de micronutrientes revestindo o npk na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 20-29, 2016.

GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; TROGELLO, E.; FRITSCHÉ-NETO, R. Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. 2014. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 1, n. 61, p. 819-828.

GOMES, A.S. Qualidade do solo: conceito, importância e indicadores da qualidade. **Revista Cultivar**, [s. l.], 10 nov. 2015. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/qualidade-do-solo-conceito-importancia-e-indicadores-da-qualidade>. Acesso em: 11 maio 2022.

GOMES, M. S.; VON PINHO, R. G.; OLIVEIRA, J. S.; VIANA, A. C. Avaliação de cultivares de milho para a produção de silagem: parâmetros genéticos e interação genótipos por ambientes. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas. **Anais...** Goiânia, 2002

GONÇALVES JÚNIOR, A.C.; TRAUTMANN, R.R.; MARENGONI, N.G.; RIBEIRO, O.L.; SANTOS, A.L. Produtividade do milho em resposta a adubação com NPK e Zn em Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico e Latossolo Vermelho eutrófico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1231-1236, 1 jul. 2007.

HE, Y.; HOU, L.; WANG, H.; HU, K.; MCCONKEY, B. A modelling approach to evaluate the long-term effect of soil texture on spring wheat productivity under a rainfed condition. **Scientific Reports**, London, v. 4, p. 1-12, jul. 2014.

KAPPES, C.; ARF, O.; ANDRADE, J.A.C. Produtividade do milho em condições de diferentes manejos do solo e de doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, p.1310-1321, 2013.

KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison, WI, 1986. p. 425-442. Part I

MARTIN, T.N.; PAVINATO, P.S.; SILVA, M.R. ORTIZ, S.; BERTONCELI, P. Fluxo de nutrientes em ecossistemas de produção de forragens conservadas. SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 4., 2011, Maringá. **Anais**. Maringá: UEM, Departamento de Zootecnia, 2011, p. 173-219.

PELÁ, A.; SANTANA, J.S.; MORAES, E.R.; PELÁ, G.M. Plantas de cobertura e adubação com NPK para milho em plantio direto. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.11, n.5, p.371- 377, 2010

PEREIRA, J.S.; JESUS, T.M.; OLSZEWSKI, N.; MENDES, A.M.S.; GRANJA, G.P. Porosidade e densidade de solos sob uso agrícola no município de Sobradinho-BA. **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Florianópolis, p. 1-4, jul./ago. 2013.

RIBEIRO, N.D.; SANTOS, O.S. Aproveitamento do zinco aplicado na semente na nutrição da planta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 159-165, 1996.

RITCHEY, K.D.; COX, F.R.; GALRÃO, E.Z.; YOST, R.S. Disponibilidade de zinco para as culturas do milho, sorgo e soja em Latossolo Vermelho-Escuro Argiloso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.21, p.215-225, 1986.

RONQUIM, C. C. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento: conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento Por Satélite, 2010. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8)

SÁ, M. A. C.; LIMA, J. M.; SILVA, M. L. N.; DIAS JÚNIOR, M. S. Comparação entre métodos para o estudo da estabilidade de agregados em solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 9, p. 1825-1834, set. 2000.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M; BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.1, p.11-21, jan./fev. 2008.

SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; SILVA, E. M.; SILVEIRA, P. M.; BECQUER, T. Qualidade física do solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.1, p.1339-1348, out. 2011.

SANTOS, M.S. Exigências ambientais do milho: conhecer para produzir mais. **Mais soja**, [s. l.], 20 abr. 2021. Disponível em: <https://maissoja.com.br/exigencias-ambientais-do-milho-conhecer-para-produzir-mais/>. Acesso em: 18 maio 2022.

SANTOS, P. R. Atributos do solo em função dos diferentes usos adotados em Perímetro Irrigado do Sertão de Pernambuco. Recife, 2010. 113 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – UFRPE.

SILVA, E.C.; MURAOKA, T.; VILLANUEVA, F.C.A.; ESPINAL, F.S.C. Aproveitamento de nitrogênio pelo milho, em razão da adubação verde, nitrogenada e fosfatada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.2, p. 118-127, 2009.

SILVA, J. E. Balanço de cálcio e magnésio e desenvolvimento do milho em solos sob Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 15, n.3, p. 329-333, 1980.

STONE, L.F.; GUIMARÃES, C.M.; MOREIRA, J.A.A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. Compactação do solo na cultura do feijoeiro.: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 207-212, 2002.

TORMENA, C.A. Atributos físicos e qualidade física do solo que afetam a produtividade da cultura do milho safrinha. **X Seminário Nacional de Milho Safrinha**, Rio Verde, p. 75-88, 2009.

TRANNIN, I.C.B.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. Características biológicas do solo indicadoras de qualidade após dois anos de aplicação de biossólido industrial e cultivo de milho. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Lavras, v. 31, p. 1173-1184, 2007.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C.G.S.; ANDREOTTI, M.; FILHO, M.C.M.T. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n.2, p. 254-263, 2011.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.4, p.743-755, ago. 2009.

WANG, Q.; OTSUBO, K.; ICHINOSE, T. **Digital map sets for evaluation of land productivity**. 2005. Disponível em: <http://www.iscgm.org/html4/pdf/forum2000411/DrQinxueWang.pdf>. Acesso em: 21 abr. de 2022.

ZANDONÁ, R.R; BEUTLER, A.N.; BURG, G.M; BARRETO, C.F; SCHMIDT, M.R. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania, v. 45, n. 2, p. 128-137, mar./abr. 2015.

ZATORRE, N. P. Atributos biológicos do solo como indicadores de qualidade do solo. **Gaia Scientia**, [S. l.], v. 2, n. 1, p.9-13, 2008.