

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ANÁPOLIS – Uni EVANGÉLICA
CURSO DE AGRONOMIA**

**LEVANTAMENTO DA FERTILIDADE DO SOLO CULTIVADO COM
SOJA (*Glycine max*) NO MUNICÍPIO DE VIANÓPOLIS-GO**

Alexandre Borre da Silva

**ANÁPOLIS-GO
2018**

ALEXANDRE BORRE DA SILVA

**LEVANTAMENTO DA FERTILIDADE DO SOLO CULTIVADO COM
SOJA (*Glycine max*) NO MUNICÍPIO DE VIANÓPOLIS-GO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário de Anápolis Uni Evangélica, para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Área de concentração: Fertilidade do solo.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Claudia Fabiana Alves Rezende

**ANÁPOLIS-GO
2018**

Silva, Alexandre Borre da

Levantamento da fertilidade do solo cultivado com soja (*Glycinemax*) no município de Vianópolis-GO/ Alexandre Borre da Silva. – Anápolis: Centro Universitário de Anápolis – UniEvangélica, 2018.

Número de páginas.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Cláudia Fabiana Alves Rezende

Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Agronomia – Centro Universitário de Anápolis – UniEvangélica, 2018.

1. Fertilidade do solo. 2. Produtividade 3. Soja I. Alexandre Borre da Silva II. Levantamento da fertilidade do solo cultivado com soja (*Glycine max*) no município de Vianópolis-GO.

CDU 504

ALEXANDRE BORRE DA SILVA

**LEVANTAMENTO DA FERTILIDADE DO SOLO CULTIVADO COM
SOJA (*Glycine max*) NO MUNICÍPIO DE VIANÓPOLIS-GO**

Monografia apresentada ao Centro
Universitário de Anápolis – Uni Evangélica,
para obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Área de concentração: Fertilidade do solo.

Aprovada em: 22/Junho/2018

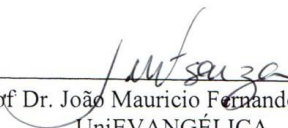
Banca examinadora



Prof.^a. Dr.^a. Cláudia Fabiana Alves Rezende
UniEVANGÉLICA
Presidente



Prof. Mr. Thiago Rodrigues Ramos Farias
UniEVANGÉLICA



Prof Dr. João Mauricio Fernandes Souza
UniEVANGÉLICA

Dedico esse trabalho a Prof^ª. Dr^ª. Cláudia
Fabiana Alves Rezende e a Cledir Costa.

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
1. INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1 MANEJO DE SOLO.....	10
2.1.1 FERTILIDADE DO SOLO	12
2.2 AGRICULTURA DE PRECISÃO	13
2.3 PRODUTIVIDADES DO SOLO.....	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS	16
3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA	16
3.2 AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE.....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	20
5. CONCLUSÃO.....	27
6.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	28

RESUMO

A fertilidade do solo está inteiramente ligada à produtividade total de uma propriedade rural nos dias de hoje, visando o aumento e maior taxa de produção dentro de uma área é realizada diversas análises de solo e manejos, buscando a melhoria tanto em relação à fertilidade do solo quanto a maior produtividade da cultivar. O objetivo deste trabalho é detectar pontos de estrangulamento na fertilidade do solo que limitam a produtividade final, buscando aumentar a eficiência no uso de fertilizantes e reduzir o custo com adubação. Foram coletadas amostras divididas em grids de vinte em vinte ha de solos em diferentes fazendas no município de Vianópolis-Goiás. As amostras foram coletadas em solos classificados como Latossolo Vermelho, em repetições de dois anos, visando verificar suas necessidades de correção a curto e também a longo prazo, posteriormente usando a tecnologia de agricultura de precisão para se verificar as necessidades de correções e melhorando sua produtividade final na cultura da soja em época de verão. Posteriormente foi analisado, cada nutriente individualmente, e constatado as necessidades de correções para cada área/solo. As correções foram realizadas após as análises de acordo com a demanda de cada área visando o aumento de produção da cultura da soja. Com isso se constatou que a agricultura de precisão com o uso da taxa variável foi eficaz diante dos meios usados, pois além da melhora da fertilidade ainda observou-se um bom desempenho na produção de soja, mesmo com a ocorrência de déficit hídrico em um dos anos do experimento.

Palavras-chave: Latossolo Vermelho, Taxa de produção, AP.

1. INTRODUÇÃO

Há 30 anos teve início a incorporação de áreas da Região do Cerrado para a produção de grãos. Esse processo ocorreu com o emprego de sistemas de preparo intensivo do solo, tendo-se em vista a necessidade de incorporação de restos da vegetação nativa, de corretivos e de fertilizantes. Embora se verifique grande variação de processos de preparo do solo, tais processos têm sido genericamente, denominados como sistemas de preparo convencional (SPC) (COSTA, 2006).

Assim sendo, é fundamental conhecer a fertilidade destes solos sob Cerrado para o correto manejo. Segundo Oliveira et al. (2002), o sistema de plantio direto (SPD) tem sido a das melhores alternativas para a manutenção da sustentabilidade dos recursos naturais na utilização dos solos. O SPD afeta diretamente a fertilidade do solo e as suas principais correções a cada ano dentro do sistema, podendo ocorrer a aplicação de corretivos para aumentar a produtividade.

O SPD demanda menor força de trabalho e de energia, estimula os processos de floculação e de agregação, reduz a velocidade de mineralização da matéria orgânica (MO) (CASTRO FILHO et al., 1998), mas exige uma maior atenção ao solo e as correções e fertilizações que devem ser realizadas. Outra vantagem seria a redução do processo erosivo dentro das áreas (EMBRAPA, 2003).

Nos últimos anos, entretanto, em função da qualidade dos seus solos e relevo, principalmente, vem experimentando fortes mudanças para o uso intensivo do solo na agricultura (SANO et al., 2004) necessitando de diagnósticos da qualidade estrutural destes solos, haja vista a potencialidade de compactação nessas condições de manejo (IMHOFF et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2003). O Estado de Goiás é predominantemente recoberto de Latossolos Vermelhos (LOPES et al., 1997), esta classe de solo é a principal representante da região Sul do Estado de Goiás (SEPLAN/AGIM, 2002).

A fertilidade do solo está inteiramente ligada à produtividade final do cultivar. Entre as culturas agrícolas de destaque mundial está a soja (*Glycine max* (L.) Merr.). No Estado de Goiás a soja é a maior demanda e mais ampla área de plantio, assim encontrando em quase várias cidades do estado. Em Vianópolis-Go é a principal cultivar produzida no município em época de verão.

Para a estimativa da produção, é necessário conhecer a área cultivada com a espécie de interesse e a sua produtividade. Uma das formas é fazendo levantamento desta área em

amostras de solos e posteriormente fazendo correções conforme a demanda de cada área. E no final do cultivo implantado em cada área fazendo a projeção de produtividade final e constatando os pontos negativos de estrangulamento (ASSAD et al., 2007).

Para melhorar a fertilidade do solo e aumentar seu teto produtivo vem se usando a cada ano novas tecnologias. Para isso foi criada a Rede Agricultura de Precisão. Desde sua criação, tem trabalhado na consolidação do conceito de que a Agricultura de Precisão é uma postura gerencial que leva em conta a variabilidade espacial da propriedade para maximizar o retorno econômico e minimizar riscos de dano ao meio ambiente (INAMASU et al., 2011).

O termo Agricultura de Precisão (AP) é relativamente novo entre os produtores rurais brasileiros e tem gerado dúvidas na utilização de suas técnicas de manejo. Vários são os produtores que associam a AP como um pacote de metodologias que poderá solucionar todos os problemas da agricultura nacional (MOLIN et al., 2010).

O sistema de AP implica a análise da variabilidade espacial, sendo caracterizada pelas etapas de coleta de dados, gerenciamento da informação, aplicação de insumos a taxa variada e, por fim, a avaliação econômica e ambiental dos resultados. Os dados obtidos são processados e plotados em mapas (MOLIN, 2002). A partir daí, buscam-se as relações de causa e efeito entre a produção e os fatores, propõem-se estratégias de gerenciamento e faz-se a aplicação localizada dos insumos e das práticas, visando à correção das anormalidades verificadas (COELHO, 2005; BARBIERI et al., 2008). Assim estimam-se quais nutrientes causaram queda de produtividade.

O objetivo deste trabalho é detectar pontos de estrangulamento na fertilidade do solo que irão limitar a produtividade final, buscando aumentar a eficiência no uso de fertilizantes e reduzir o custo com adubação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MANEJOS DE SOLO

O manejo do solo consiste num conjunto de operações realizadas com objetivos de propiciar condições favoráveis à sementeira, ao desenvolvimento e à produção das plantas cultivadas, por tempo ilimitado. Para que esses objetivos sejam atingidos, é imprescindível a adoção de diversas práticas, dando-se prioridade ao uso do SPD visto que envolve, simultaneamente, todas as boas práticas conservacionistas (EMBRAPA, 2003).

Ainda segundo a EMBRAPA (2003), o SPD trata-se de um sistema de produção conservacionista, que se contrapõe ao sistema tradicional de manejo. Envolve o uso de técnicas para produzir, preservando a qualidade ambiental. Fundamenta-se na ausência de preparo do solo e na cobertura permanente do terreno através de rotação de culturas.

De acordo com SILVEIRA et al. (1984), considera-se como SPC todo aquele que revolve intensamente a superfície do solo com o uso do arado mais grade niveladora ou grade pesada e grade niveladora, os dois últimos mais utilizados na região. O arado está em desuso devido à sua menor capacidade de trabalho.

A Matriz de Análise de Políticas permitiu identificar que ambos os sistemas, tanto de plantio direto quanto de plantio convencional, para a produção de soja, na região, são lucrativos e competitivos, no entanto, maiores ganhos, em termos de uso dos recursos disponíveis e de custos de produção podem ser obtidos na SPD (ALVIM et al., 2004)

A escarificação rompe mecanicamente o solo por meio de um equipamento dotado de hastes estreitas, denominado de escarificador. A ação dos implementos de haste, por terem movimento deslizante e ação frontal à secção de solo que mobilizam, rompe preferencialmente os pontos de fraqueza, o que tenderá a produzir fissuras. Em consequência, cria-se internamente um grande volume de vazios, diminuindo a densidade do solo e melhorando a continuidade dos poros (STANFFORD, 1981). Assim, a operação de escarificação poderá significativamente contribuir para o aumento da infiltrabilidade do solo, por consequência reduzindo os riscos de erosão hídrica do solo (MUELLER et al., 1984).

O aumento da densidade do solo nas primeiras camadas, pelo efeito de uma compressão exercida sobre sua superfície, tem sido definido como compactação do solo. Este fenômeno, já bastante discutido, ocorre quando a pressão exercida sobre o solo excede sua capacidade de suportar a carga e sua resistência ao cisalhamento. Quando o solo recebe uma carga suficiente para causar compactação, a pressão recebida é rapidamente dissipada pelo

fluxo de massa da zona que recebe a compressão, empurrando as partículas de solo para dentro do seu espaço poroso. O resultado dessa ação é um rearranjo nas partículas do solo e uma redução no seu espaço poroso, especialmente os poros grandes ou macroporos (BOWEN et al., 1981).

A reorganização das partículas de solo e a redução do seu espaço poroso aumentam tanto a compactação quanto a coesão do solo, ocasionando mudanças nas relações massa-volume do mesmo e, assim, interferindo nos fluxos de ar, nutrientes, calor e água (BOWEN et al., 1981).

A compactação do solo é considerada por FREITAS (1994) a maior limitação à alta produtividade das culturas em todo o mundo, pois afeta diretamente o crescimento das raízes, diminui a capacidade de infiltração de água no solo, reduz a translocação de nutrientes, resultando em uma pequena camada para ser explorada pelas raízes. Destaca ainda que, por depender de vários fatores, principalmente a umidade do solo no período de crescimento das raízes, o efeito da compactação na produção das culturas é difícil de ser quantificado.

2.1.1 Fertilidade do solo

Os Latossolos são solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de enérgicas transformações no material constitutivo. Os solos são virtualmente destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo, e têm CTC da fração argila baixa. São, em geral, solos fortemente ácidos, com baixa saturação por bases, distróficos ou alumínicos.

Muitos solos não são naturalmente férteis e que mesmo aqueles férteis podem, sob manejo inadequado, transformar-se em solos de baixa fertilidade. Depreende-se, diante disso, que as causas da baixa fertilidade dos solos podem ser tanto naturais quanto antrópicas (LOPES, 2007).

A agricultura urbana se relaciona ao tipo de manejo aplicado no sistema de produção, que pode oferecer riscos à população através de adubações incorretas do solo e aplicações inadequadas de produtos fitossanitários altamente tóxicos, aplicados sem acompanhamento técnico (PEDRON, 2004). Para cada um dos elementos nutritivos de cada cultura é necessário saber quantas vezes o solo deve conter mais do que a cultura consome. É uma enorme tarefa para tornar rápido e simples o cálculo da adubação (STEZER, 1941).

Segundo CERETA et al. (2007), manejar a adubação quanto à época de aplicação e parcelamento das doses significa compatibilizar a dinâmica dos nutrientes no solo com a fisiologia das plantas, levando em consideração os aspectos operacionais de cultivo e o comportamento humano, o que sempre dificulta a racionalidade plena na tomada das decisões.

Com relação ao manejo do solo, a primeira prática necessária ao cultivo de plantas não tolerantes à acidez é a calagem. Diversos trabalhos têm mostrado os efeitos positivos da calagem em solos sob Cerrado (LATHWELL, 1979; MIRANDA et al., 1980; LOPES, 2007). A quantidade de fertilizantes e as fórmulas utilizadas dependem das culturas e da expectativa de rendimento para a safra. O manejo da fertilidade do solo para altos rendimentos de grãos exige maior atenção para os níveis dos nutrientes (UNIFERTIL, 2013).

A calagem é uma prática bem conhecida para corrigir a acidez do solo em culturas anuais, ainda que não seja praticada com a regularidade necessária. A prática da calagem pode-se traduzir em benefícios para a produtividade. A calagem realizada de modo adequado afetará, positivamente, o desenvolvimento e o estado nutricional das plantas, tendo como consequência o uso racional de fertilizantes e a melhoria da relação benefício/custo por meio do incremento da produtividade (NATALLE, 2012).

A frequência de amostragem do solo deve ser anual nos três primeiros anos em que a área foi introduzida no sistema de produção agrícola (áreas de abertura) no intuito de acompanhar a evolução da fertilidade do solo e possibilitar algum ajuste nas recomendações. A partir do terceiro ano, as amostragens de solo podem ser realizadas com intervalo de dois ou três anos (BROCH; RANNO, 2012)

A aptidão agrícola das terras é altamente dependente da capacidade de fornecimento de nutrientes pelo solo. Essa capacidade pode apresentar-se naturalmente elevada, mas pode também ser construída ou recuperada através de ações de manejo da fertilidade do solo. A manutenção da fertilidade do solo é essencial para a sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola. As tecnologias de manejo da fertilidade devem ser atualizadas de maneira racional, baseadas em análises químicas do solo e de tecido vegetal (OLIVEIRA et al., 2007)

2.2 AGRICULTURAS DE PRECISÃO (AP)

O conceito de AP está normalmente associado à utilização de equipamento de alta tecnologia para avaliar, ou monitorizar, as condições numa determinada parcela de terreno, aplicando depois os diversos fatores de produção (sementes, fertilizantes, fitofármacos,

reguladores decrescimento, água). Tanto a monitorização como a aplicação diferenciada, ou à medida, exigem a utilização de tecnologias recentes, como os sistemas de posicionamento a partir de satélites, os sistemas de informação geográfica (SIG) ou os sensores eletrônicos, associados quer a reguladores automáticos de débito nas máquinas de distribuição quer os medidores de fluxo nas máquinas de colheita (COELHO, 2005).

A correção de solo adequada combinada com adubação compensatória e a implantação de infra-estrutura de produção seriam possíveis incorporar 120 milhões ha ao processo produtivo (TROMBETA, 2002). As tecnologias da AP são práticas relacionadas que possibilitam a coleta de uma grande quantidade de informações e dados das áreas dos agricultores. Propriedades físicas e químicas dos solos, dados climáticos, incidência de pragas, doenças, plantas daninhas e produção das culturas são as variáveis normalmente levantadas utilizando essas tecnologias (COELHO, 2005).

A AP controla e coleciona informações agronômicas para prover necessidades atuais de partes de campos em lugar de necessidades comuns para campos inteiros. Aplicação de insumos em locais específicos comumente usados dividindo-se os campos inteiros em zonas de manejo menores, homogêneas (DEORGE, 1999). Segundo CAPELLI (1999), a AP apresenta às vantagens de possibilitar um melhor conhecimento do campo de produção, permitindo, desta forma a tomada de decisões melhor embasadas.

Segundo GOEL et al. (2003) o sistema de agricultura de precisão (AP) enfoca a variabilidade espacial e temporal dos requerimentos de aplicação de insumos durante todo processo produtivo. A adoção da AP no controle de insetos praga constitui-se uma alternativa à agricultura tradicional, que atualmente, provoca impactos ambientais e custos desnecessários ao produtor. Assim, como o sistema de AP faz uso de diversas ferramentas para a sua empregabilidade, o Manejo Integrado de Pragas (MIP) se caracteriza pelo uso de diversas técnicas que são empregadas harmonicamente visando solucionar um problema específico (KOGAN, 1998).

Muitas das inovações tratadas no contexto da AP não são associadas à gestão da variabilidade espacial das lavouras, o que gera controvérsias. Desde o início, a AP tem tido contribuição da indústria de máquinas agrícolas e do segmento acadêmico que atua nessa área. Aliás, boa parte da capacidade instalada de pesquisa que deixou de ser demandada na área de máquinas e mecanização agrícola por ter se esgotado ou por sido assumida pela indústria (AMARAL, 2015).

2.3 PRODUTIVIDADE DO SOLO

O aperfeiçoamento dos métodos de inoculação, compatibilizando a necessidade de aplicação de fungicidas, micronutrientes e inoculantes, garantindo uma maior população da bactéria nas sementes, é indispensável para aumentar a nodulação nas raízes principais da soja, onde os nódulos são mais eficientes, aumentando, assim, a eficiência da fixação biológica do N₂ e, como consequência, a produtividade da soja (CAMPO e HUNGRIA, 2000)

Com a finalidade de estabelecer um arranjo mais adequado à obtenção de maior produtividade e adaptação à colheita mecanizada. Um arranjo onde o espaçamento entre linhas é igual ao espaçamento entre plantas dentro das linhas, têm sido observados aumentos na produtividade da soja (MOORE, 1991).

A resistência do solo (RS) à penetração diferiu entre os estados de compactação e em relação à área que havia sido escarificada. De maneira geral, no LV (Latosolo Vermelho), a partir de 0,30 m de profundidade, não se observa diferença significativa nos valores de RS entre os tratamentos e em todas as condições de água do solo. Isto demonstra que para esse solo os efeitos dos sistemas de manejo empregado sobre a resistência do solo ocorrem até esta profundidade (SECCO, 2003).

Para HARPER (1997) algumas culturas têm baixo potencial genético para a produção, e em alguns casos, a baixa produtividade está relacionada com injúrias do herbicida na soja. De acordo com CASTRO (1981), poucos trabalhos abordam aspectos fisiológicos da planta de soja relacionados à aplicação de reguladores vegetais que são um manejo promissor para essa cultura. Informações sobre os efeitos destes produtos na soja poderiam fornecer elementos fundamentais para estudos posteriores sobre a utilização agrônômica dos reguladores vegetais.

A eficiência dos sistemas de manejo em relação à dessecação da biomassa antes da semeadura observou-se que os manejos 10 dias antes da semeadura (DAS) e antecipado apresentaram controle satisfatório a partir de cinco dias depois da semeadura (DDS). O manejo AP se mostrou inferior aos demais especialmente durante o período de emergência da soja, só atingindo níveis de eficiência aceitáveis ($\geq 80\%$) na dessecação das infestantes, a partir de 11 DDS (OLIVEIRA, 2006).

3. MATERIAS E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÕES DA ÁREA

O estudo foi realizado nos anos de 2014 e 2015 em áreas no município de Vianópolis – Goiás, na região conhecida como Estrada de Ferro, situada no sudeste do Estado de Goiás (Figura 1). O relevo predominante no município é ondulado, com algumas planícies. Na maior parte das áreas o solo se encontra classificado como Latossolo Vermelho, que são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo (EMBRAPA, 2003).

O clima predominante é tropical húmido, com temperatura média de 23 °C, mas podendo variar de 18 a 29 °C. Precipitação variando entre 1.200 a 1.600 mm, com média de 1.400 mm anual, sendo o mês de julho o mais seco e janeiro e dezembro os mais chuvosos.

Os Latossolos são encontrados geralmente em zonas que apresentam estação seca pronunciada, típicos das regiões equatoriais e tropicais (EMBRAPA, 2003), por características de formação exigem o uso de corretivos e adubações químicas. No estudo utilizou-se o resultado das análises químicas dos solos realizados em seis áreas localizadas no município de Vianópolis-GO, para fins de levantamento de dados a respeito da fertilidade dessas áreas. As propriedades estão localizadas na Tabela 1. Nos dois anos de avaliação foram realizadas 137 análises nessas áreas, nas quais a cultura trabalhada era a soja.



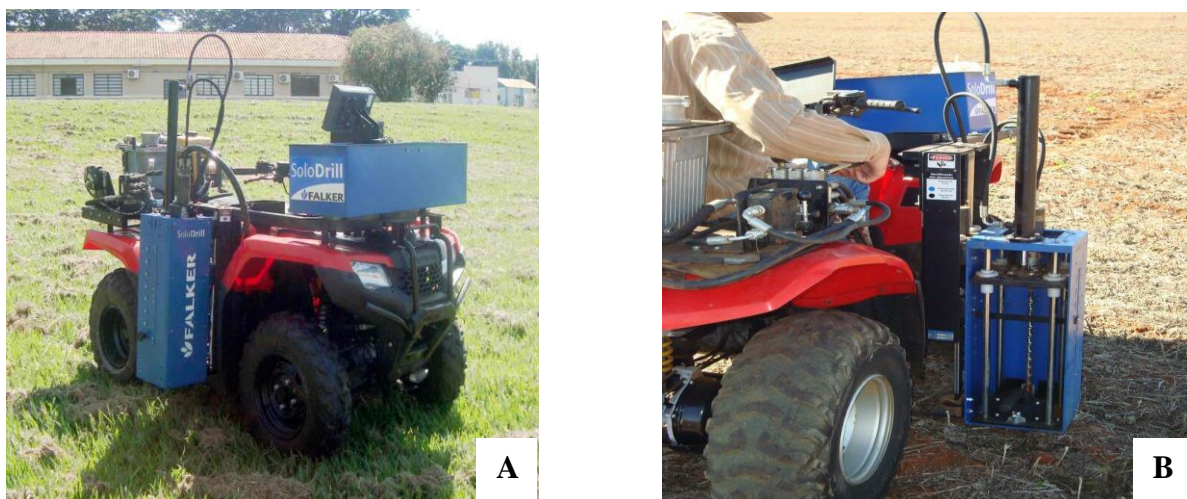
FIGURA 1 - Mapa esquemático da distribuição dos municípios no Estado de Goiás, destacando a cidade de Vianópolis

TABELA 1 - Localização geográfica das áreas estudadas para avaliação da fertilidade no município de Vianópolis-GO

Propriedades	Localização Geográfica
AGR Bareeiro	Lat: -16.7178854823 / Long: -48.2912674642
AGR Carlinho	Lat: -16.6802268481 / Long: -48.5143788252
AGR Quilombo	Lat: -16.6298593338 / Long: -48.3472110124
AGR São João	Lat: -16.7169375454 / Long: -48.2973284384
AGR São Sebastião	Lat: -16.6960462655 / Long: -48.2855764780
AGR Solange	Lat: -16.6977907116 / Long: -48.3027589351

3.2 AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE

As áreas foram amostradas segundo preceitos da AP, modo avançado. As amostragens foram realizadas com o aparelho da empresa Falker do modelo “SoloDrill®” como mostra a Figura 2.



Fonte: <http://www.falker.com.br/produto-solodril-amostrador-solo>.

FIGURA 2. Implemento SoloDrill® usado para amostragem (A), modo de retirada da amostra de solo (B)

Foi realizada a mensuração da área total, retirada uma bordadura de 5 m e posteriormente a área foi dividida em grids de 5 ha cada um. Dentro de cada grid foram realizadas, em diagonal, vinte amostragens simples de solo de 0,0 a 0,20 m, ao final essas amostras simples foram homogeneizadas formando uma amostra composta. Também se realizou a identificação da classe de solo dentro das áreas avaliadas. Os pontos de coleta e as

amostras coletadas foram identificadas de acordo com cada área amostrada e o grid dentro de cada área. As amostras foram enviadas a um laboratório particular de análises de solo na cidade de Silvânia-GO. As características químicas serão determinadas através de análises laboratoriais do solo coletado, conforme metodologia proposta pela Embrapa.

Foram analisadas as características químicas, tais como: pH (CaCl₂ e SMP), matéria orgânica (M.O.), teores de fósforo (P), potássio (K⁺), cálcio (Ca⁺²) e magnésio (Mg⁺²) trocáveis, acidez trocável ou teor de alumínio (Al⁺³), capacidade de troca catiônica (CTC), soma de bases (SB), saturação por bases (V%), e saturação por alumínio (m%). A interpretação da fertilidade do solo nas amostras analisadas seguiu os parâmetros propostos por Souza; Lobato (2004).

Após a interpretação dos resultados foi realizada a identificação dos problemas de fertilidade em cada área e foram propostas correções do solo e adubação para se obter a maior produtividade na soja. Depois de realizada a interpretação manual dos dados das análises químicas do solo, foi realizado a implantação do programa FalkerMap® (Figura 3). O FalkerMap® é um programa onde os cálculos de correção são realizados automaticamente com a introdução dos dados das análises de solo.

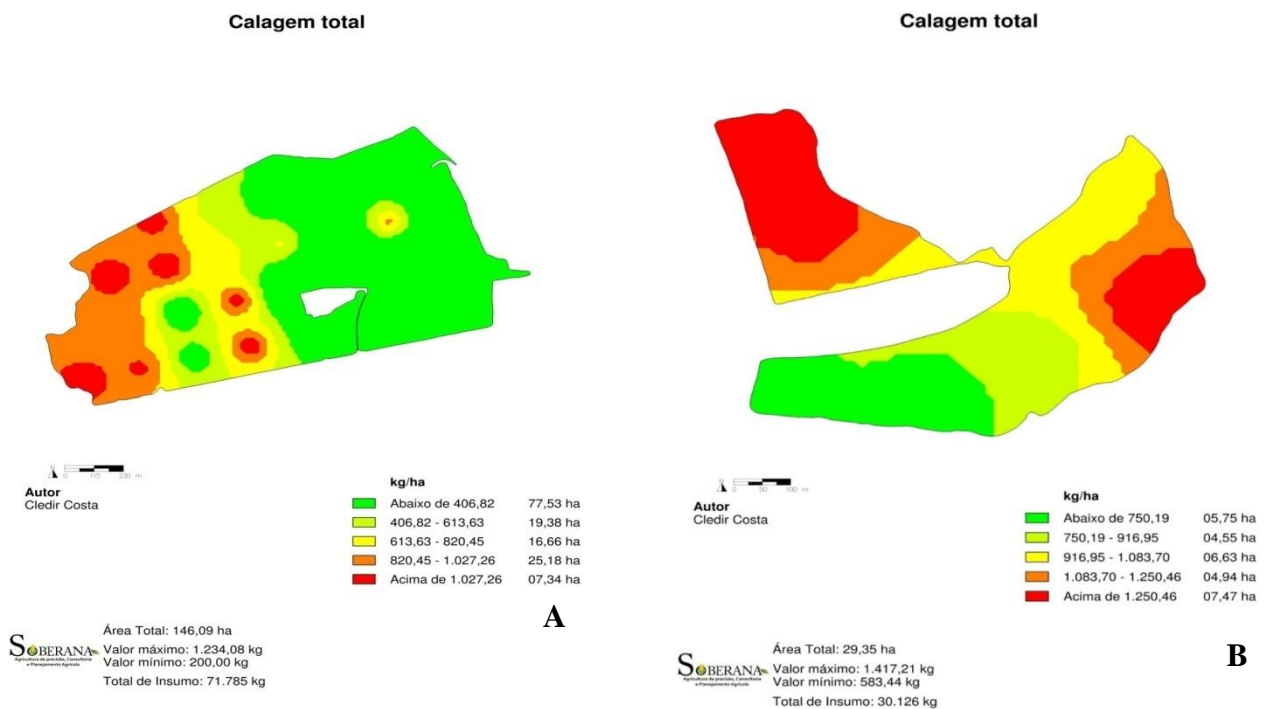


FIGURA 3. Mapas de calagem obtidos com o uso do programa FalkerMap® para a correção do solo para a área 29,35 ha (A) e área 146,09 ha (B), Vianópolis, Goiás

Depois da análise e interpretação dos dados e a confecção dos mapas concluída, foi definido o modo como foram realizadas as correções e a quantidade de corretivos e fertilizantes que foram utilizados nas áreas avaliadas. Os principais manejos realizados nas áreas foram calagem, fosfatagem, potassagem e adubação de plantio.

As análises de solo e as correções necessárias foram realizadas nos dois anos de avaliação (2014 e 2015) para o plantio da cultura da soja em todas as áreas avaliadas. No final de cada safra foi verificado se a AP proporcionou o aumento de produtividade e uma redução dos custos dentro das áreas. Após a análise de variância e, no caso de haver significância ($P < 0,5$), os fatores qualitativos foram comparados pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). O programa estatístico utilizado foi o Sisvar 5.6.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A tabela 2 apresenta os resultados obtidos após as amostras realizadas nas áreas que estavam sendo estudadas, a partir destes dados foi feito a interpretação desses valores conforme a literatura, seguindo as tabelas de Sousa; Lobato (2004).

TABELA 2. Média dos parâmetros de fertilidade do solo, avaliados em 2014 (1) e 2015 (2) em diferentes fazendas no município de Vianópolis, GO

Fazendas	Anos	pH	Ca	Mg	Al	CTC	K	P	S	MO	V	m
			cmol _c dm ⁻³					Mehl				
AGR Barreiro	1	5,42	2,35	0,68	0,00	6,46	97,17	4,40	5,49	26,19	50,16	0,00
AGR Barreiro	2	5,30	2,05	0,70	0,00	5,84	93,50	4,58	5,71	20,82	51,02	0,00
AGR Carlinho	1	5,10	1,20	0,50	0,00	4,36	82,00	5,71	4,57	16,33	42,15	0,00
AGR Carlinho	2	5,15	1,45	0,50	0,00	4,66	96,00	5,57	9,89	14,84	45,21	0,00
AGR Quilombo I	1	5,10	1,20	0,50	0,00	4,36	82,00	5,71	4,57	16,33	42,15	0,00
AGR Quilombo I	2	5,20	1,60	0,60	0,00	4,79	75,00	8,43	4,57	14,01	52,49	0,00
AGR Quilombo II	1	5,30	1,75	0,45	0,00	5,44	128,00	7,75	6,63	19,65	46,53	0,00
AGR Quilombo II	2	5,55	1,80	0,65	0,00	4,73	91,00	16,08	5,71	14,29	56,78	0,00
AGR Quilombo III	1	4,85	1,45	0,45	0,20	7,08	102,50	1,93	8,23	24,72	30,69	10,37
AGR Quilombo III	2	5,60	2,00	0,70	0,00	5,53	112,00	3,93	5,94	17,58	57,61	0,00
AGR Quilombo IV	1	5,30	1,70	0,60	0,00	5,20	112,00	4,71	5,83	20,46	50,88	0,00
AGR Quilombo IV	2	2,20	0,60	0,00	2,10	52,25	5,14	5,14	14,2	1,42	0,00	2,67
AGR São João	1	5,60	2,30	0,65	0,00	6,27	84,50	7,18	1,49	26,77	53,50	0,00
AGR São João	2	5,80	2,80	0,95	0,00	6,81	98,50	8,65	5,26	23,59	62,17	0,00
AGR São Sebastião	1	5,70	1,90	0,90	0,00	5,37	87,00	4,43	5,83	20,11	59,18	0,00
AGR São Sebastião	2	5,90	2,30	1,00	0,00	5,51	135,00	5,14	8,92	19,64	63,24	0,00
AGR Solange	1	5,30	2,50	0,80	0,00	6,38	102,00	6,57	5,26	27,77	52,05	0,00
AGR Solange	2	5,80	2,90	1,00	0,00	7,02	126,00	7,86	5,60	26,39	60,34	0,00

Ca – cálcio; Mg – magnésio; Al – alumínio; K – potássio; P – fósforo; MO - matéria orgânica; CTC – capacidade de troca de cátions; V - saturação por bases; m – saturação por alumínio.

A medida de pH no solo é um aspecto importante na agricultura pois ela pode interferir diretamente na produtividade de sua cultura, existem vários fatores que podem interferir no pH do solo como composição, a concentração de metais e substâncias orgânicas que são adicionados no seu preparo antes do plantio da cultura. Conforme a indicação de Sousa; Lobato (2004) o teor deste deve estar entre 4,9 a 5,5 CaCl₂ onde seria de forma o adequado para os solos do Cerrado. Nos solos amostrados os teores de pH estão quase todos dentro dos parâmetros adequados, para o tipo de solo que estava sendo estudado, somente na propriedade AGR Quilombo IV que está com uma discrepância de 2,2 CaCl₂.

O Ca auxilia a redução da acidez do solo, ajuda a melhorar os crescimentos das raízes e aumenta a atividade microbiana, segundo Sousa; Lobato (2004) o adequado para solos do Cerrado é de 1,5 a 7,0 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para manter uma boa interação com outros nutrientes e diminuir a toxidez do Al, Cu, Mn. Os teores de Ca nas fazendas analisadas estavam quase todos dentro dos parâmetros adequados, apenas quatro das nove fazendas tinham deficiência deste nutriente. A propriedade AGR Carlinho foi a que apresentou nos dois anos valores abaixo dos indicados.

O Mg é um elemento químico importante para o crescimento das plantas, a maior parte do Mg absorvido pelas plantas permanece nos caules e folhas, retornando ao solo no caso de culturas anuais. A exportação de Mg é de apenas 2,0 kg t de grãos de soja (THOMAZ et al., 1999). Assim retornando para o solo em forma de massa vegetal seca, segundo Sousa; Lobato (2004) os teores indicados para o Mg é de 0,5 a 2,0 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para o Cerrado, assim constatando que apenas duas propriedades estavam com os teores a baixos dos adequados, Quilombo II no primeiro ano e Quilombo IV no segundo.

Outro elemento de muita importância é o K que atua em várias funções para nas plantas, auxilia na fotossíntese, promove a absorção de água, ajuda a planta a ter maior resistência tanto a secas quanto a pragas e doenças e auxilia na nodulação da soja. Para a soja, auxilia a formação dos nódulos, aumenta o teor de óleo nas sementes, beneficiando sua germinação, vigor e qualidade (MASCARENHAS et al., 1988). Nas propriedades que foram amostradas os teores de K estavam acima do recomendado segundo Sousa; Lobato (2004) em quase todas as áreas, o ideal para o Cerrado seria de 51 a 80 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

A quantidade total de P no solo é elevada (0,08%), mas somente pequenas quantidades de P estão presentes na solução do solo, em geral menos de 6 mg dm^{-3} . O P ocorre na forma orgânica e em centenas de formas inorgânicas no solo. A maioria do Pi ocorre na fração argila do solo, ligado ao Ca (P-Ca), Fe (P-Fe), Al (P-Al) e na quase totalidade não está disponível às plantas. O P disponível às plantas tende a ser facilmente fixado por argilas do solo (SENGIK, 2003). Conforme todas as áreas apresentaram o teor de argila entre 36 a 60% a quantidade adequada segundo Sousa; Lobato (2004) seria de 8,1 a 12,0 mg dm^{-3} , constatou-se que as áreas de forma geral estão com um déficit de P.

Um dos nutrientes importantes para a soja é o S. A principal função do S nas plantas é estrutural, na composição de alguns aminoácidos (cisteína, cistina, metionina, taurina) e, devido a isso, está presente em todas as proteínas vegetais, inclusive enzimáticas e também de forma indireta está envolvido na formação da clorofila (LANTMANN, 2017). Os teores de S

dentro das áreas estudadas estavam variados dentre os anos, tanto com índices baixos, como adequados e também acima do recomendado.

A presença de MO é fundamental para a manutenção do micro e da mesobiota do solo, pois a ação dos decompositores sobre essa matéria vai devolver ao solo os nutrientes necessários para que os seres vivos que habitam o solo possam adquirir energia para sobreviver e também para manter o equilíbrio e a conservação do solo. Todos os componentes do solo estão em constante interação, isso faz com que a MO seja modelada de forma distinta e heterogênea. Nas camadas mais recentes depositados no solo de vegetais mortos, constituídos por compostos complexos, ocorre mais rapidamente a decomposição (PEREIRA, 2011). Os índices de MO nos solos amostrados estavam abaixo do recomendado em todos os anos, que seria de 3,1 a 4,5 % segundo Sousa; Lobato (2004).

A CTC de um solo, de uma argila ou dos húmus representa a quantidade total de cátions retidos à superfície desses materiais em condição permutável ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^{+} + \text{H}^{+} + \text{Al}^{3+}$) (CESAR, 2010). A CTC como de grande importância para o estudo em todas as propriedades se encontra abaixo dos parâmetros considerados adequados que é de 9,1 a 13,5 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (SOUSA; LOBATO, 2004).

A V é um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo, sendo utilizada até como complemento na nomenclatura dos solos (CESAR, 2010). Diferente de quase todos os outros aspectos desse estudo, a V se encontra adequada (SOUSA; LOBATO, 2004).

Outro fator de total importância para o solo é o Al e a m. O excesso de Al torna o alongamento das raízes mais lento, engrossa as raízes e estas não se ramificam normalmente, prejudicando a absorção dos principais nutrientes para a planta (N, P, Ca e Mg). Uma correção do solo adequada deve utilizar calcário e gesso (AGRON, 2014). Os teores de Al em todas áreas estavam muito baixos ou zerados, assim como o m.

Após a avaliação dos parâmetros de fertilidade do solo em cada propriedade, foi realizada a correção de fertilidade em cada propriedade, utilizando o programa FalkerMap® foram recomendadas as dosagens de calagem, fosfatagem e potassagem, individual para cada propriedade em cada ano (Tabela 3).

TABELA 3. Recomendações de calagem, fosfatagem e potassagem em 2014 (1) e 2015 (2) em diferentes fazendas no município de Vianópolis, GO

Fazendas	Anos	Calagem (kg ha ⁻¹)	Fosfatagem (kg ha ⁻¹)	Potassagem (kg ha ⁻¹)
AGR Barreiro	1	1113,00	388,00	141,00
AGR Barreiro	2	497,00	443,00	155,00
AGR Carlinho	1	1218,00	481,00	115,00
AGR Carlinho	2	336,00	136,00	103,00
AGR Quilombo I	1	1771,00	429,00	151,00
AGR Quilombo I	2	503,00	195,00	112,00
AGR Quilombo II	1	1771,00	429,00	151,00
AGR Quilombo II	2	503,00	195,00	112,00
AGR Quilombo III	1	1771,00	429,00	151,00
AGR Quilombo III	2	503,00	195,00	112,00
AGR Quilombo IV	1	1771,00	429,00	151,00
AGR Quilombo IV	2	503,00	195,00	112,00
AGR São João	1	1003,00	334,00	187,00
AGR São João	2	200,00	213,00	250,00
AGR São Sebastião	1	820,00	223,00	215,00
AGR São Sebastião	2	210,00	122,00	266,00
AGR Solange	1	1167,00	150,00	162,00
AGR Solange	2	385,00	195,00	266,00

Como apresentado na tabela 3, o primeiro ano de cada propriedade se exigiu maior quantidade de calagem em todas as áreas pois as propriedades apresentavam um histórico de sem correções com calcário. De acordo com Sfredo (2008), a correção de acidez do solo, através da calagem, é o primeiro passo para se obter um cultivo altamente produtivo. Após o primeiro ano ser realizada as correções de calcário, o segundo ano avaliado já e constatou menor necessidade desse produto em algumas áreas, até a não reaplicação do calcário.

Assim como a calagem, a fosfatagem e a potassagem foi realizada conforme as orientações dos mapas do programa FalkerMap®, diferentemente da calagem os indicativos no segundo ano de avaliação recomendaram a aplicação, tanto de fosfatagem quanto de potassagem, devido a grande exportação de nutrientes realizada pela cultura instalada (soja).

Com as correções propostas de calagem, fosfatagem e potassagem realizadas no primeiro ano, em todas as propriedades, ocorreu uma melhora significativa na fertilidade do solo, mas ainda assim, se observou doses elevadas de alguns nutrientes e outros ainda em abundância no solo, não sendo totalmente absorvido pela soja (Tabela 1). Com as correções sendo feitas no primeiro ano, seguindo os ideais da AP, a taxa variável, e sendo realizadas nas

épocas adequadas, não se obteve uma grande melhoria na produção como demonstrado na tabela 4.

TABELA 4. Índices de produção (sc ha⁻¹) em 2014 (1) e 2015 (2) em diferentes fazendas no município de Vianópolis, GO

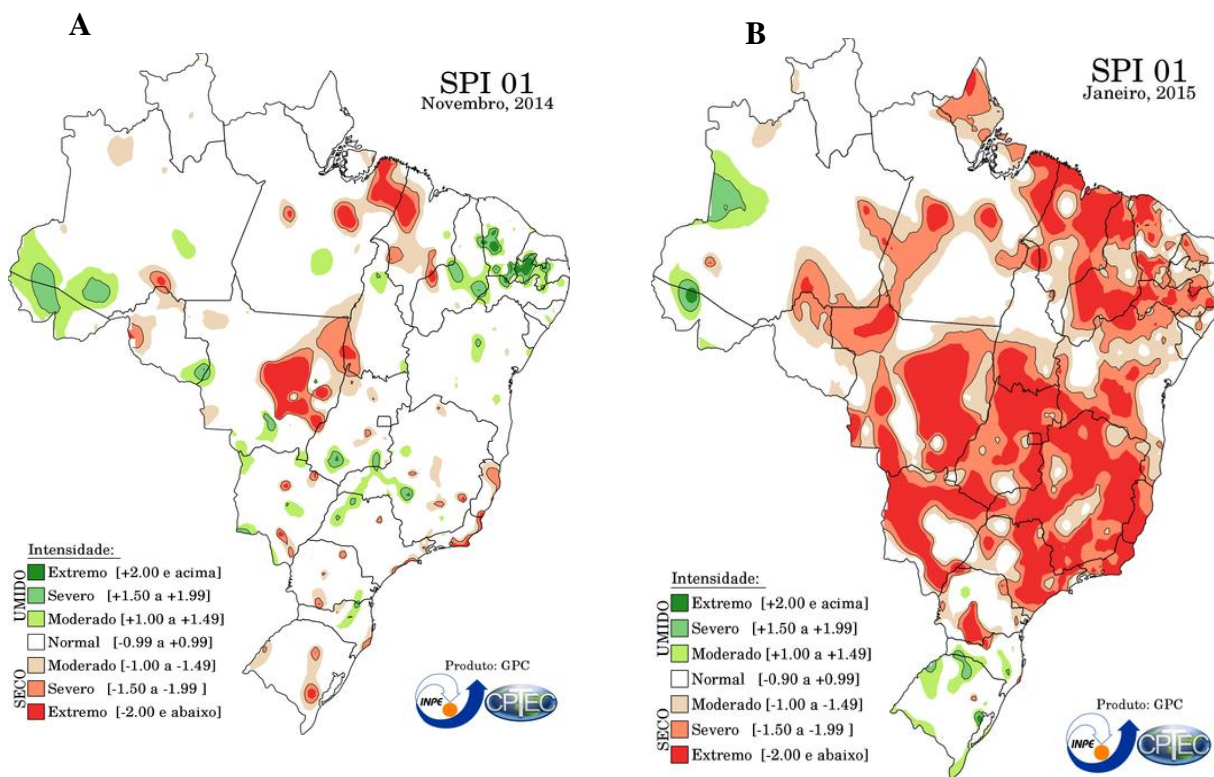
Fazendas	Anos	Produção
AGR Barreiro	1	65,00
AGR Barreiro	2	58,00
AGR Carlinho	1	50,00
AGR Carlinho	2	56,00
AGR Quilombo I	1	55,00
AGR Quilombo I	2	58,00
AGR Quilombo II	1	55,00
AGR Quilombo II	2	58,00
AGR Quilombo III	1	55,00
AGR Quilombo III	2	58,00
AGR Quilombo IV	1	55,00
AGR Quilombo IV	2	58,00
AGR São João	1	63,00
AGR São João	2	50,00
AGR São Sebastião	1	62,00
AGR São Sebastião	2	50,00
AGR Solange	1	56,00
AGR Solange	2	48,00

A aplicação a taxa variável de calcário, gesso e fertilizantes, apresentam-se com potencial de uso nas condições dos solos de cerrado, principalmente para correção do solo, adubação corretiva e de manutenção, sendo a aplicação de calcário, gesso e adubação corretiva, devido a maiores doses necessárias, com maior potencial de utilização, principalmente se considerarmos os aspectos econômico e ambiental (COELHO, 2014).

A baixa produtividade observada no segundo ano de avaliação pode estar relacionada ao déficit hídrico na safra de 2014/2015 na região avaliada (Figura 5). Deve-se considerar a importância da umidade do solo nos processos de absorção de nutrientes, a estruturação do solo nas camadas superficiais proporcionadas pelo SPD, favorece a absorção de nutrientes, desde que ocorra umidade disponível no solo.

Como observado na figura 5, o teor de umidade em todo o Estado de Goiás foi adequado para a época do plantio da cultura da soja, mas na época de seu desenvolvimento e fases para estabelecimento do teto produtivo potencial, no mês de janeiro, a umidade era

extremamente baixa, com ocorrência de veranicos em todas as áreas. Assim como demonstra a figura 6 o teor de chuva no mês de janeiro no ano de 2015 foi muito abaixo do observado em outros anos. Em algumas propriedades da Região avaliada, foram observados intervalos de até 30 dias sem precipitação na fase de floração e enchimento de grão.



Fonte: INPE, 2015.

FIGURA 5. Mapa obtido do site CPTEC/INPE, destacando à umidade na época da safra verão, novembro de 2014 (A) e janeiro de 2015 (B)

Os resultados apresentados demonstram que o conceito de AP tem funcionado muito bem dentre os anos de estudo das propriedades, mesmo com o problema de déficit hídrico observado na Região avaliada. Destaca-se que o solo permaneceu com uma fertilidade adequada e manteve uma produção considerada adequada nas áreas que receberam as correções necessárias, comprovando que o conceito de AP é viável quando trabalhado de forma correta.

A AP ainda tem muito a crescer, evidentemente com a resolução dos problemas com que a prática convive atualmente, por exemplo, a falta de mão de obra especializada, altos custos de implantação e falta de compatibilidade entre os aplicativos computacionais e as máquinas e equipamentos. O tempo médio de utilização das tecnologias de AP é de 3,4 anos,

variando de 1 a 10 anos, sendo que 72,73 % dos produtores que se utilizam da técnica têm até quatro anos de utilização. (FILHO, R. S., CUNHA, J. P. A. R 2015).

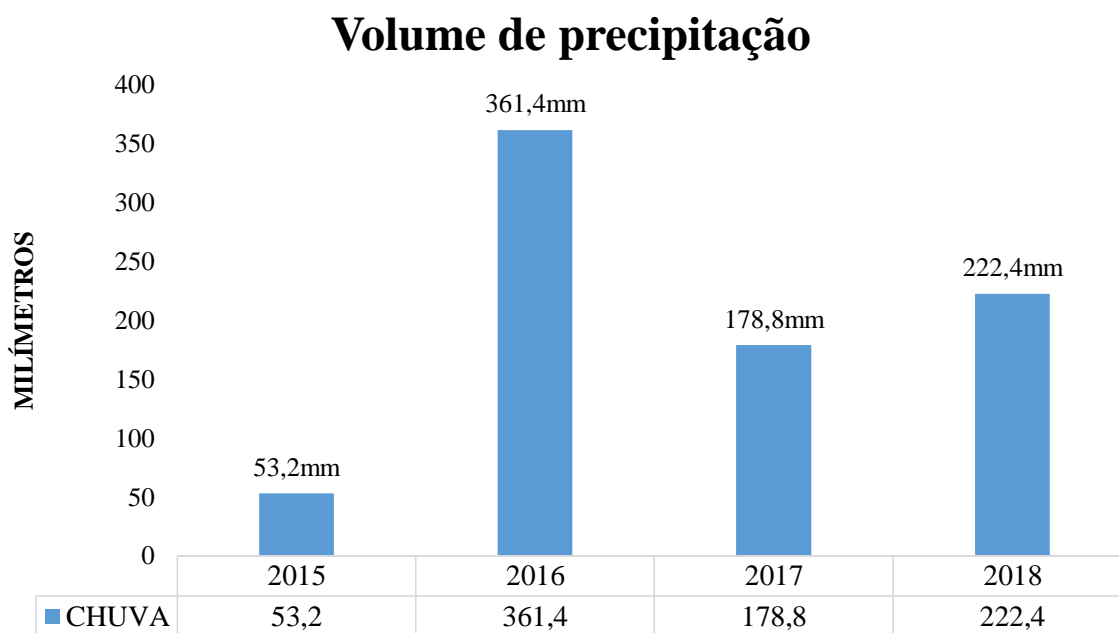


FIGURA 6. Levantamento do volume de precipitação no mês janeiro nos anos de 2015 à 2018 no município de Vianópolis, GO.

5. CONCLUSÃO

Os parâmetros avaliados indicam que a aplicação da agricultura de precisão com a utilização de taxa variável na correção do solo e fertilizantes é viável e lucrativa, quando feita de maneira correta, demonstrando que mesmo com períodos de déficit hídrico durante o desenvolvimento da cultura, se obteve uma adequada fertilidade do solo a cultura da soja com alto teto produtivo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVIM, M. I. S.; VALLE, S. M. L. R.; LIMA, J. E.; SILVA O. M. **Análise da competitividade da produção de soja nos sistemas de plantio direto e plantio convencional na região do cerrado brasileiro**, 2004
- BOWEN, H.D. **Alleviating mechanical impedance**. In: ARKIN, G.F; TAYLOR, H.M. **Modifying the root environment to reduce crop stress**. St. Joseph: University Press of Virginia, 1981. p. 21-57, 1981.
- BROCH, D. L., RANNO S. K. **Fertilidade do Solo, Adubação e Nutrição da Cultura da Soja**, Tecnologia e Produção: Soja e Milho 2011
- CAMPO R. J.; HUNGRIA M., **Como a soja pode produzir mais**. Embrapa. 2000
- CAPELLI, N.L. **Agricultura de precisão - Novas tecnologias para o processo produtivo**. LIE/DMAQAG/FEAGRI/UNICAMP, 1999.
- CASTRO, P.R.C.; VELLO, N.A. **Ação de fitorreguladores no desenvolvimento da soja cultivar Davis**. Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, v.38, p.269-279,
- CERETA, C. A.; SILVA, L. S.; PAVINATO, A. **Manejo da Adubação**, In.: Fertilidade do Solo, SBCS, Viçosa, 2007
- COELHO A. M. **Agricultura de precisão no gerenciamento da fertilidade do solo sob plantio direto no cerrado**. Revista EMBRAPA, 2004.
- COELHO A. M., **Agricultura de Precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e culturas**, Sete Lagoas: Embrapa, 2005.
- COSTA, E. A.; GOEDERT, W.J.; SOUSA, D. M. G.; **Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto**.
- DOERGE, T.A. **Management zone concepts**. Site-specific management guidelines. 1999. p.4.
- EMBRAPA. **Sistema de Produção**, ISSN Versão eletrônica, Jan/2003.
- FILHO, R. S., CUNHA, J. P. A. R. **Agricultura de Precisão: Particularidades de sua Adoção no Sudoeste de Goiás – Brasil**. Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering. 2015
- FREITAS, P.L., de. **Aspectos físicos e biológicos do solo**. In: LANDERS, J.N. (Ed). **Experiências de plantio direto no Cerrado**.: APDC, 1994. p.199-213. 261p
- GOEL, P. K.; PRASHER, S. O.; LANDRY, J. A.; PATEL, R. M.; BONNELL, R. B.; VIAU, A. A.; MILLER, J. R. **Potential of airborne hyper spectral remote sensing to detect**

nitrogen deficiency and weed infestation in corn. Computers and Electronics in Agriculture, v. 38, n. 2, p. 99-124, 2003.

HARPER, D. **In the field with herbicide resistant crops: Roundup Ready soybeans. Proceedings of the Western Society of Weed Science**, p.8.1997.

IHMOFF S. D. C. **Indicadores de Qualidade Estrutural e trafegabilidade de Latossolos e Agrissolos Vermelhos**. 2002

INAMASSU, R. Y., BERNARDI, A. C. C., NAIME, J. M., RESENDE, A. V. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

KOGAN, M. **Integrated Pest Management: Historical perspectives and contemporary developments. Annual Review Entomology**, v. 43, p. 243-270, 1998.

LATHWELL, D.J. **Crop response to liming on Ultisols and Oxisols**. Ithaca, Cornell

LOPES A. S. GUILHERME L. R. G., **Fertilidade do solo e a produtividade agrícola** 2007.

MIRANDA, L.; MIELNICKZUK, J. & LOBATO, E. **Calagem e adubação corretiva**. In: V Simpósio sobre o cerrado. Brasília, EMBRAPA, 1980. p.521-78.

MOLLIN J. P., AMARAL L. R. do, COLAÇO A. F., **Agricultura de Precisão**, 1ª Ed., São Paulo : Oficina dos Sonhos, 2005.

MOLLIN, J. P. **Agricultura de Precisão**. 1 Ed. São Paulo:Oficina do Texto, 2015.

MOORE, S. H. **Uniformity of planting effect on soybean population parameters. Crop Science**, Madison, v. 31, n. 4, p. 1049-1051, 1991.

MUELLER, V.F.; WNDT, R.C.; DANIEL, T.C. **Soil and water losses as affected by tillage and manure application. Soil Science Society Am. J.**, v. 48, p. 896–900, 1984.

NATALE W, ROZANE D. E., PARENT L. E., PARENT S. E., **Acidez do solo e calagem em pomares de frutíferas tropicais** S. Revista Brasileira Fruticultura., Jaboticabal - SP 2012

OLIVEIRA Jr., R.S.; CONSTANTIN, J.; Costa, J.M.; CAVALIERI, S.D.; ARANTES, J.G.Z.; ALONSO, D.G.; ROSO, A.C.; BIFFE, D.F., **Interação entre sistemas de manejo e de controle de plantas daninhas em pós-emergência afetando o desenvolvimento e a produtividade da soja**. 2006.

OLIVEIRA, F. A. de; SFREDO, G. J.; CASTRO, C. de; KLEPKER, D. **Fertilidade do solo e nutrição da soja**. 2007. EMBRAPA.

OLIVERA, R.S.; CONSTANTIN, J.; COSTA, J.M.; CAVALIERI, S.D.; ARANTES, J.G.Z.; ALONSO, D.G.; ROSO, A.C.; BIEFFE, D.F. **Interação entre sistemas de manejo e de controle de plantas daninhas em pós-emergência afetando o desenvolvimento e a produtividade da soja**. 2003

PEDRON F. A.; DALMOLIN R. S. D.; AZEVEDO A. C.; KAMINSKI J. **Solos urbanos.** Revisão Bibliográfica Ciência do Solo. 2004.

SECCO D. **Estados de Compactação e suas Implicações no Comportamento Mecânico e na Produtividade de Culturas em dois Latossolos sob plantio direto.** 2003. Pg 42.

SECCO D.; REINERT D. J.; REICHERT J. M.; ROS C. O., **Produtividade de soja e propriedades físicas de um Latossolo submetido a sistemas de manejo e compactação,** Implications of soil management and compaction state on soil physical properties and soybean yield, 2004.

STANFFORD, J.D. **Application of critical state soil mechanics: the performance of rigid tine.** *Journal of Agricultural Engineering Research.*, v. 26, p. 384–401, 1981.

UNIFERTIL, **Manejo da fertilidade do solo: da amostra de solo amostragem, interpretação, recomendação de calagem.** Unifertil Universal de Fertilizantes S.A, 2013. University, 1979. (Cornell Int. Agric. Bull. 35).